

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TERMODİNAMİK BİLİM DALI**

**PÜRÜZLÜ YÜZEYLERİN KOLLEKTÖR VERİMİNE ETKİSİNİN
SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

Burcu GÜLMEZ

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bilgen AKSOY**



MANİSA-2020

Burcu
GÜLMEZ

**PÜRÜZLÜ YÜZEYLERİN KOLLEKTÖR VERİMİNE ETKİSİNİN SAYISAL
OLARAK İNCELENMESİ**

2020

TEZ ONAYI

Burcu GÜLMEZ tarafından hazırlanan "**Pürüzlü Yüzeylerin Kollektör Verimine Etkisinin Fem Metodu İle Analizi Ve Modellenmesi**"adlı tez çalışması 22/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bilgen AKSOY
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Yunus ÇERÇİ
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali YURDDAŞ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Burcu GÜLMEZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Güneş Kollektörleri Genel Yapısı	4
2.2. Güneş Kollektörü Türleri	6
2.2.1. Sabit kollektörler	6
2.2.1.1. Düz plaka kollektörler.....	6
2.2.1.2. Vakum tüplü kollektörler	6
2.2.1.3. Birleşik parabolik kollektörler	6
2.2.2. Takipli kollektörler	7
2.2.3. Tek eksenli takipli kollektörler	7
2.2.3.1. Parabolik oluk kollektör	7
2.2.3.2. Silindirik oluk kollektör	7
2.2.3.3. Lineer Fresnel kollektör	7
2.2.4. Çift eksenli takipli kollektörler	8
2.2.4.1. Merkezi alıcı kule.....	8
2.2.4.2. Parabolik çanak	8
2.2.4.3. Dairesel Fresnel lens	8
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	9
3.1. CFD Analizi.....	10
3.2. Enerji Analizi	12
3.3. Ekserji Analizi	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	15
4.1. Kollektörlerin CFD Analizi.....	15
4.2. Kollektörlerin Verim Analizi	35
4.3. Deneysel Verilerle Analiz Verilerinin Karşılaştırılması	39
4.4. Hata Analizi.....	41

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CFD	Computational Fluid Dynamics
FEM	Finite Element Method
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
A	Alan (m^2)
c_p	Sabit basınçta özgül ısı ($kJ/kg.K$)
\dot{E}	Birim zamanda enerji geçişi miktarı (W)
\dot{E}_x	Birim zamanda ekserji geçişi miktarı (W)
h	Entalpi (kJ/kg)
I	Yüzeye gelen toplan ışıınım miktarı (W/m^2)
\dot{m}	Kütlesel debi (kg/s)
\dot{Q}	Birim zamanda ısı geçişi miktarı (W)
P	Basınç (kPa)
R	Üniversal gaz sabiti ($kJ/kg.K$)
s	Entropi ($kJ/kg.K$)
T	Sıcaklık (K)
U_c	Enerji kayıp katsayısı
α	Yutma oranı
ε	Yayma oranı
η	Verim
ρ	Yoğunluk (kg/m^3)
τ	Geçirgenlik oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Güneş Kollektörlerinin Enerji Transferi [18]	4
Şekil 2.2. Güneş kollektörlerinin sınıflandırması [19].....	5
Şekil 3.1. Analizi Yapılan Kollektörlerin Genel Görünüşleri.....	10
Şekil 3.2. Çarpıklık ve ortogonal kalite sonlu eleman ağı metrik spektrumu [28]	11
Şekil 4.1. Model 1 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	15
Şekil 4.2. Model 1 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	16
Şekil 4.3. Model 1 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	16
Şekil 4.4. Model 1- 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	17
Şekil 4.5. Model 1- 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	17
Şekil 4.6. Model 1- 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	18
Şekil 4.7. Model 2 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	18
Şekil 4.8. Model 2 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	19
Şekil 4.9. Model 2 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	19
Şekil 4.10. Model 2 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	20
Şekil 4.11. Model 2 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında sıcaklık dağılımı.....	20
Şekil 4.12. Model 2 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında akış çizgileri	21
Şekil 4.13. Model 3 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	22
Şekil 4.14. Model 3 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	22
Şekil 4.15. Model 3 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	23
Şekil 4.16. Model 3 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	23
Şekil 4.17. Model 3 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	24
Şekil 4.18. Model 3 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	24
Şekil 4.19. Model 4 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	25
Şekil 4.20. Model 4 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	26
Şekil 4.21. Model 4 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	26
Şekil 4.22. Model 4 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	27
Şekil 4.23. Model 4 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	27
Şekil 4.24. Model 4 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	28
Şekil 4.25. Model 5 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	29
Şekil 4.26. Model 5 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	29
Şekil 4.27. Model 5 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	30
Şekil 4.28. Model 5 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	30
Şekil 4.29. Model 5 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	31
Şekil 4.30. Model 5 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	31
Şekil 4.31. Model 6 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	32
Şekil 4.32. Model 6 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	33
Şekil 4.33. Model 6 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	33
Şekil 4.34. Model 6 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	34
Şekil 4.35. Model 6 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı	34
Şekil 4.36. Model 6 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri	35
Şekil 4.37. Model 1'in hava giriş hızlarına göre enerji ve ekserji verimleri	36
Şekil 4.38. Model 2'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri.....	36
Şekil 4.39. Model 3'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri.....	37
Şekil 4.40. Model 4'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri.....	38
Şekil 4.41. Model 5'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri.....	38

Şekil 4.42. Model 6'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri.....	39
Şekil 4.43. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kollektör	40
Şekil 4.44. 0,05 m/s Hız İçin Deneysel Ve Teorik Verilerin Karşılaştırılması	41
Şekil 5.1. Modellerin enerji verimlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 5.2. Modellerin ekserji verimlerinin karşılaştırılması.....	45



TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Malzemelerin Fiziksel Özellikleri [10]	10
Tablo 4.1. Ölçüm aletleri ve doğruluk oranları	42
Tablo 4.2. Hesaplanan değerlerin hata analizi sonuçları.....	42
Tablo 5.1. Deneysel ve Teorik verilerin karşılaştırılması	47



TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenim hayatımın her aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bilgen AKSOY'a, beni her daim titizlikle yönlendiren ve şahsıma yeni ufuklar kazandıran Dr. Öğr. Üyesi Yięit AKSOY'a, çalışmamın her aşamasında verdikleri destekten ötürü Prof. Dr. Ramazan KÖSE'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Ümran ERÇETİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu günlere getiren, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan anneme ve babama, desteklerini esirgemeyen dostlarıma teşekkürü borç bilirim.

Burcu GÜLMEZ
Manisa, 2020



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PÜRÜZLÜ YÜZEYLERİN KOLLEKTÖR VERİMİNE ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Burcu GÜLMEZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bilgen AKSOY

Bu tez çalışmasında havalı güneş kollektörlerinin enerji ve ekserji verimlerini arttırabilmek amacıyla, kollektör hava akış bölmesine yerleştirilen engel geometrilerinin, kollektör verimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Engel geometrileri akışkan akışını değiştirebilmekte ve kollektör içerisindeki hava akışını istenilen şekilde yeniden düzenleyebilmektedir. Çalışma kapsamında, altı farklı güneş kollektörü tasarımı oluşturulmuş ve her bir kollektör için 0,5 m/s, 0,4 m/s ve 0,3 m/s olmak üzere üç farklı hava giriş hızı belirlenerek, CFD analizleri yapılmıştır. CFD analizleri sonucunda, kollektörlerin sıcaklık dağılımı ve hava akış çizgileri incelenmiştir.

CFD analizlerinden elde edilen verilerle havalı güneş kollektörlerinin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, kollektörün hava akış bölmesine yerleştirilen engellerin enerji ve ekserji verimi üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Benzer şekilde hava hızlarının artması da doğrusal olarak verim değerlerini pozitif yönde artırmaktadır. Belirlenen engel geometrilerinden, en yüksek ekserji verimi en fazla engel sayısı olan kollektörde 0,5 m/s hızda, en düşük ekserji verimi ise engelsiz kollektörde 0,3 m/s hızda görülmüştür. Enerji veriminin %25'e kadar, ekserji veriminin %22'ye kadar arttığı gözlemlenmiştir. Havalı güneş kollektöründen deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ile, aynı şartlar altında gerçekleştirilen CFD analizi sonuçları karşılaştırılmıştır.

Deneysel çalışmalardan elde edilen sıcaklık ortalama değerleri ve ölçüm cihazlarının hata analizi sonuçları göz önüne alındığında, teorik çalışmalardan elde edilen sıcaklık ortalama değerlerinin 366 K sıcaklığında ve birbirine yakın değerler olduğu belirlenmiştir. Kollektörlerde verim artışının sağlanması için kullanılan pürüzlü yüzeylerin CFD analizleri ile deneysel çalışma sonucu analizleri oldukça yakın değerler sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havalı güneş kollektörü, enerji, ekserji

2020, 63 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SURFACE ROUGHNESS ON COLLECTOR EFFICIENCY

Burcu GÜLMEZ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Assoc. Dr. Asst. Professor Ayşe Bilgen AKSOY

In this thesis study, in order to increase the energy and exergy efficiency of air solar collectors, the effects of baffle geometries placed in the collector air flow section on the collector efficiency were investigated. Baffle geometries can change the fluid flow and rearrange the air flow in the collector as desired. Within the scope of the study, six different solar collector designs were created and three different air inlet velocities were determined as 0,5 m/s, 0,4 m/s and 0,3 m/s for each collector, and CFD analyzes were made. As a result of CFD analysis, temperature distribution and air streamlines of collectors were examined.

The energy and exergy efficiencies of air solar collectors have been calculated with the data obtained from CFD analysis. It has been seen that the baffles placed in the air flow section of the collector have a positive effect on the energy and exergy efficiency. Similarly, the increase in air velocities increases the efficiency values positively, linearly. Among the determined baffle geometries, the highest exergy efficiency was observed at 0,5 m/s speed in the collector with the highest number of baffles, while the lowest exergy efficiency was observed at 0,3 m/s in the collector without baffles. It has been observed that energy efficiency increases up to 25% and exergy efficiency increases up to 22%. The results obtained in the experimental study from the air solar collector were compared with the results of the CFD analysis performed under the same conditions.

Considering the average temperature values obtained from the experimental studies and the error analysis results of the measuring devices, it was determined that the average temperature values obtained from the theoretical studies were at a temperature of 366 K and values close to each other. The results of the CFD analysis of the rough surfaces used to increase the efficiency of the collectors provide very close values with the experimental study results.

Keywords: Solar air collector, energy, exergy

2020, 63 pages

1. GİRİŞ

Medeniyetin hızla gelişmesi ve fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, yenilenebilir enerjiye olan ilgi ve ihtiyaç günden güne artmaktadır [1]. Beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçlara benzer şekilde, enerji de insanlığın temel ihtiyaçlarından biridir. Enerji talebindeki ve çevre kirliliğindeki küresel artış, enerji verimliliğini ve üretimini iyileştirmek için ilgili araştırmaları ve teknolojik yatırımları motive etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi çevre dostu ve sınırsız bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra en ulaşılabilir ve en fazla miktarda olanıdır. Kömür ve petrol gibi fosil enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, güneş enerjisi, güvenilir ve temiz bir enerji kaynağı olduğu için tatmin edici bir enerji kaynağı olarak kabul edilir [2].

Yüzyıllardır farklı amaçlar için kullanılabilen güneş enerjisi, günümüzde nüfusun ve talebin artışı, teknolojinin gelişimi ile ısı enerjisi olarak veya elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaya devam edilmektedir. Isı enerjisi dönüşümü için kullanılan en basit sistem kolektörlerdir. Güneş kolektörü, güneşten gelen ışınım enerjisini absorbe ederek iç enerjiye dönüştüren ve bu enerjiyi aracı akışkana aktaran bir ısı değiştiricisidir [3].

Güneş kolektörleri kullandıkları aracı akışkana göre sınıflandırılabilir. En yaygın kullanılan aracı akışkan su ve havadır. Havalı güneş kolektörleri, güneşten gelen ışınımı toplayarak aracı akışkan olarak kullanılan havaya aktarırlar. Bu işlemde, fan aracılığı ile şartlandırılarak kolektöre giren hava, emici yüzey ile geçirgen üst yüzey arasında bulunan kanaldan geçerken, ısı enerjisini absorbe eder. Hava bünyesine alınan bu ısı enerjisi, hangi proses için kullanılacak ise prosesin gerçekleştirileceği ortama şartlandırılarak gönderilir.

Çevre sıcaklığı, güneş radyasyonu yoğunluğu gibi çalışma parametreleri, sıcaklık artışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir, ancak kolektör verimliliği üzerinde çok az bir etkiye sahiptir [4]. Düz plaka güneş hava kolektörünün verimliliği, emme levhası ile hava akımı arasındaki verimsiz ısı transferi ve ortama yüksek ısı kaybı nedeniyle genellikle düşüktür. Güneş hava kolektörünün termal performansını iyileştirmek için araştırmacılar tarafından birçok geliştirme çalışması yapılmıştır [5]. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde kolektör veriminin artırılması, ısı

transfer alanının artırılması ve ısı kayıplarının azaltılmasına dayanmaktadır. Kanatların ve bölmelerin emme plakasına takılması, ısı transfer alanını uzattıkları ve daha fazla türbülans yarattıkları için güneş enerjili hava ısıtıcılarında ısı transfer hızını arttırmada kullanılan etkili tekniklerden biridir [6]. Güneş kolektörlerinde, yapay pürüzlülüğün kolektör plakasından havaya ısı transferini arttırdığı belirlenmiştir. Bu sebeple literatürde genel eğilim engellerin varlığına dayanmaktadır [7]. Yüzey pürüzlülüğü, kumlama, işleme, döküm, şekillendirme, kaynak hatları ve yüzey boyunca ince dairesel tellerin sabitlenmesi gibi çeşitli yöntemlerle sağlanabilmektedir. Ayrıca kolektör emici yüzeyine yerleştirilen, levha, panjur, dışbükey pencere kanadı ve dalgalı vb. çeşitli kanat desenleri [8] gibi farklı geometrilerde kanatçıklar yardımıyla, güneş enerjili hava kolektörlerinin verimleri artırılmaya çalışılmıştır. Kolektör veriminin artırılması amacıyla, solden vakumlu [9], kompozit absorplayıcı yüzeyli [10] kolektör tasarımları da yapılmıştır. Daliran ve Ajabshirchi tarafından yapılan çalışmada, hava kanalına dikdörtgen kanatçık takmanın güneş kolektörünün performansını %22 oranında iyileştirdiği görülmüştür [11]. Heydari ve Mesgarpour, mevcut güneş enerjili hava ısıtıcısı için helisel yol ile ısı performansını geliştirmesini araştırmış ve sistemin ısı veriminin basit kanallı, çift geçişli kanatçıklı levhaya göre sırasıyla %14,7, %8,6, %75 ve %47 oranında iyileştirildiğini belirtmişlerdir [12]. Salih ve ark., doğal ve zorlamalı hava sirkülasyonu işlemlerinin Çift Geçişli Güneş Hava Isıtıcısı (DPSAH) sisteminin performansı üzerindeki etkileri incelemiş ve hava akış yoluna eklenen bölmelerle verimin arttığı deneysel olarak gözlemlemişlerdir [13]. Promvonge ve ark., V şekilli engeller kullanarak yaptıkları bir çalışmada, Nusselt sayısında ciddi bir artış gözlemlemişlerdir [14]. Lingavat ve ark., çeşitli güneş kolektörlü kurutucular üzerinde çalışmış, birden çok geçişli ve engelli kolektörlerin ve reflektörlü kolektörlerin daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir, böylece ürünün genel veriminin ve kurutma kalitesinin iyileştiği görülmüştür [15]. Luo ve ark., kolektör hava akış bölmesine yerleştirilecek engel ve bölmelerin tasarımı için geometrik optimizasyon yöntemi geliştirmişlerdir. [16].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde hava akış bölmesine engellerin takılması, ısı transfer alanını, hava akış yolunu ve performansı artıran ısı kapasitesini arttırmaktadır. Aynı kütle akış hızında, güneş enerjili hava ısıtıcısının performansı, engel sayısı ile doğrudan orantılıdır [17].

Termal sistemlerde verim, en önemli parametrelerden biridir. Bir termal sistemin veriminin maksimum olması istenir. Termal sistemlerde verimi artırmak için çeşitli değişiklikler yapılabilmektedir. Bunlardan en yaygın olanları malzeme ve geometrik değişimlerdir. Bu tez çalışmasında, kollektör üzerinde yapılabilecek geometrik değişimlerin, kollektör verimine etkisi araştırılmıştır. Standart boyutlardaki havalı güneş kollektörleri, hava akış yoluna çeşitli engel geometrileri yerleştirilerek sonlu elemanlar metoduyla analizleri yapılmıştır. Farklı hava giriş hızlarında ve farklı engel geometrileriyle yapılan analizler sonucunda, engel geometrilerinin sıcaklık dağılımını nasıl etkilediği incelenmiş, hava akışına nasıl bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan analizler sonucu elde edilen değerler ile kollektörlerin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmış ve engel geometrilerinin kollektör verimini artırdığı görülmüştür.

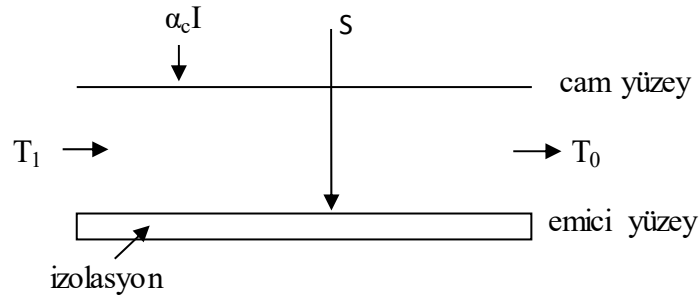
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Güneş Kollektörleri Genel Yapısı

Yüzyıllardır farklı amaçlar için kullanılabilen güneş enerjisi, günümüzde nüfus ve talebin artışı, teknolojinin gelişimi ile ısı enerjisi alınması veya elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaya devam edilmektedir. Isı enerjisi dönüşümü için kullanılan en basit sistem kollektörlerdir. Güneş kollektörü, güneşten gelen ışınım enerjisini absorbe ederek iç enerjiye dönüştüren ve bu enerjiyi aracı akışkana aktaran bir ısı değiştiricisidir [3].

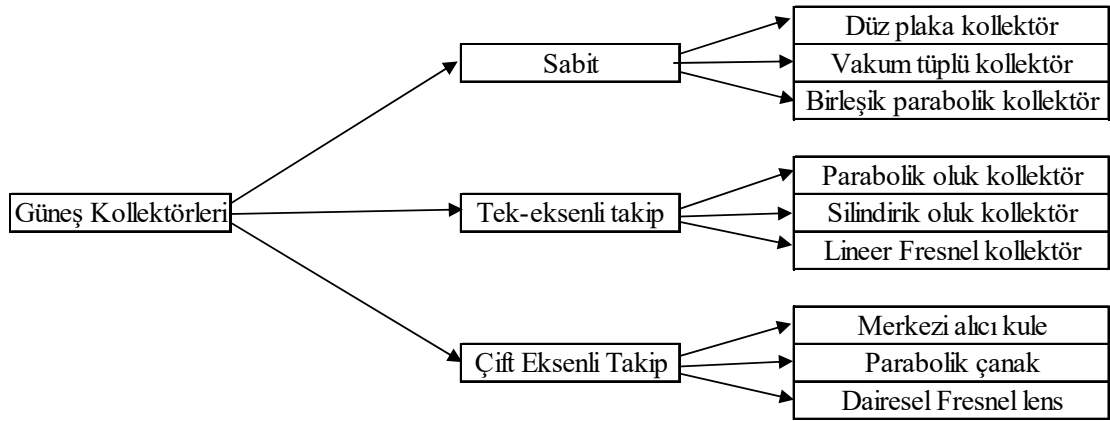
Havalı güneş kollektörleri, güneşten gelen ışınımı toplayarak aracı akışkan olarak kullanılan havaya aktarırlar. Bu işlemde, fan aracılığı ile şartlandırılarak kollektöre giren hava, emici yüzey ile geçirgen üst yüzey arasında bulunan kanaldan geçerken, ısı enerjisini absorbe eder. Hava bünyesine alınan bu ısı enerjisi, hangi proses için kullanılacak ise prosesin gerçekleştirileceği ortama şartlandırılarak gönderilir.

Güneş ışınımının toplanması ve aracı akışkana aktarılması için tasarlanan kollektörlerin farklı özellikleri olmakla birlikte genel sistem yapısı aynıdır; şeffaf örtü, emici plaka, aracı akışkan akış kanalı ve izolasyon malzemesinden oluşur. Gelen ışınım şeffaf örtüden geçerek, bir kısmı emici plaka tarafından soğurulurken, bir kısmı ise yansır. Plaka tarafından tutulan ısı, akış kanalından geçen aracı akışkana aktarılarak, iletilmek istenen yere iletilir. Kollektörlerin enerji transferi Şekil 2.1.' de gösterilmiştir [18].



Şekil 2.1. Güneş Kollektörlerinin Enerji Transferi [18]

Güneş kolektörü, güneş yalıtımının termal enerjisini emerek toplayan bir cihazdır. Bu şekilde depolanan termal enerji bir akışkan tarafından taşınır ve bazı özel amaçlar için kullanılır. Şekil 2.2., güneş kolektörlerinin sınıflandırılmasını göstermektedir. Güneş kolektörleri genel olarak sabit ve takipli kolektörler olarak sınıflandırılmıştır. Takip etmeyen kolektörler hareketsiz tutulur ve sabit kolektörler olarak da bilinir, ancak takipli kolektörler güneşin hareketini izlemek için tasarlanır, böylece gelen güneş ışınları her zaman dik olarak alabilmektedir. Takipli güneş kolektörleri ayrıca tek eksenli takip ve çift eksenli takip olarak sınıflandırılır. Takip etmeyen kolektörler düz plaka, vakum tüplü ve birleşik parabolik kolektörler olarak sınıflandırılır. Parabolik oluk kolektör, silindirik oluk kolektör ve Lineer Fresnel kolektör tek eksenli takip sistemleri kategorisine girerken, merkezi alıcı kule, parabolik çanak ve Dairesel Fresnel lens çift eksenli takip sistemlerine aittir.



Şekil 2.2. Güneş kolektörlerinin sınıflandırması [19]

Suyu çalışma sıvısı olarak kullanan toplayıcıya güneş enerjili su ısıtıcısı, çalışma sıvısı olarak hava kullanan toplayıcıya da güneş hava ısıtıcısı olarak adlandırılır. Bir güneş enerjili su ısıtma sistemi, güneş kolektörü ve depolama tankından oluşmaktadır.

Güneş hava ısıtıcıları ise tek geçişli ve çift geçişli güneş hava ısıtıcıları olarak sınıflandırılmıştır. Tek geçişli güneş hava ısıtıcılarında, hava ısıtıcıdan bir kez geçerken, hava çift geçişli güneş hava ısıtıcılarında, ısıtıcıdan iki kez geçer. İlk geçiş emici plakanın üzerinden, ikinci geçiş emici plakanın altındandır. Çift geçişli güneş hava ısıtıcılarının etkinliği tek geçişli ısıtıcılardan daha yüksektir. Güneş enerjili su

ısıtıcıları, akışkan ve emici plaka arasında daha yüksek konvektif ısı transfer katsayısı nedeniyle güneş hava ısıtıcılarından daha verimlidir.

2.2. Güneş Kollektörü Türleri

Bu bölümde güneş kolektörlerinin çeşitleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2.2.1. Sabit kolektörler

Bu kolektörler, güneşin gökyüzündeki konumundan bağımsız olarak sabit kalır. Bununla birlikte, güneş ışınımından yararlanmayı en üst düzeye çıkarmak için, coğrafi konuma (enlem) bağlı olan belirli bir eğim ve yönlendirme açısıyla monte edilirler.

2.2.1.1. Düz plaka kolektörler

Düz plaka kolektörler şeffaf bir cam kapaktan ve bir emici plakadan oluşur. Akışkan türüne, yani hava veya suya bağlı olarak, akış geçişi tasarlanmıştır. Isı kaybını daha da azaltmak için kolektör hem yanlardan hem de alttan yalıtılmıştır. Üstteki cam kapak, emici plakadan dış havaya konvektif ve radyasyon ısı kaybının azaltılmasına yardımcı olur. Uzun süreli kullanım sırasında toz, toplayıcıların cam kapağına yerleşerek performanslarını olumsuz etkiler. Kollektör boyutlarının seçimi (uzunluk ve genişlik) önemlidir ve uygulamanın türüne bağlıdır. Sabit kolektör alanı için kolektör en boy oranındaki artışla kolektör veriminin arttığı bulunmuştur.

2.2.1.2. Vakum tüplü kolektörler

Vakum tüplü kolektörler, bir cam muhafaza içinde tutulan bir ısı borusundan oluşur. Isı borusu, güneşin ısınıyı yakalamak için etanol, metanol, su gibi bir aracı akışkan kullanır ve bu akışkan, buharlaşma-yoğuşma döngülerine girerken ısıyı başka bir çalışma sıvısına aktarır. Güneş radyasyonu alındığında, ısı borusunun içindeki sıvı faz değişikliğine uğrar ve taşınım nedeniyle ısı borusunun üst kısmına doğru yükselen buhara dönüşür. Isı, üstteki ısı eşanjörü bölümündeki çalışma sıvısına aktarıldıktan sonra buhar tekrar sıvıya dönüşür. Sıvı, yerçekimi nedeniyle ısı borusunun tabanına geri döner ve döngü devam eder.

2.2.1.3. Birleşik parabolik kolektörler

Birleşik parabolik kolektör bir cam kapak, bir emici tüp ve iki parabolik alıcı yüzeyden oluşur. Parabolik yüzeylerin odak noktalarının altındaki kısmı güneş radyasyonlarının yakınsamasına katkıda bulunmaz ve bu nedenle odak noktalarının altındaki kısımlar kesilir. Emici tüp, iki odak noktası arasındaki orta düzleme

yerleştirilir. İnsidans açısı kabul açısının yarısından azsa, güneş radyasyonu alıcı açıklığından geçer. İnsidans açısı kabul açısının yarısından büyükse, güneş radyasyonu nihayetinde üst açıklıktan (diyafram) çevreye geri yansıtılır. Parabolik yansıtıcıların yönü, güneşin pozisyonu veya geliş açısı kollektörün performansı üzerinde hiçbir etkiye sahip olmayacak şekilde olmalıdır. Böylece, birleşik parabolik kollektörün alıcı veya emici tüpünü doğu-batı hattı boyunca hizalamak, gün boyunca izleme ihtiyacını ortadan kaldırır.

2.2.2. Takipli kollektörler

Güneş konumunun, gelen güneş radyasyonunun maksimum kullanımı için izlenmesi gerekir. Güneş radyasyonunun yoğunluğu gün içinde olduğu gibi mevsimlerde de değişir. Takipli kollektörler iki kategoriye ayrılabilir: tek eksenli takipli ve çift eksenli takipli kollektörler.

2.2.3. Tek eksenli takipli kollektörler

Bu kategorideki kollektörler kuzey-güney hattı boyunca yönelir ve güneşin konumunu gün boyunca doğudan batıya doğru takip ederler. Bu kollektör kategorisi temel olarak parabolik oluk kollektör, silindirik oluk kollektör ve Lineer Fresnel kollektörden oluşur.

2.2.3.1. Parabolik oluk kollektör

Parabolik oluk kollektör, odak hattı boyunca bir emici tüp bulunan parabolik bir yansıtma yüzeyinden oluşur. Güneşin pozisyonu, herhangi bir anda normal güneş radyasyonu için izlenir. Parabolik oluk kollektör genellikle büyük ölçekli güç üretimi için kullanılır. Ancak, küçük ölçekli doğrudan buhar üretimi için de kullanılabilir. Parabolik oluk kollektör kullanılarak doğrudan buhar üretimi, ilave bir hızlanma basınç düşüşü olduğu için genel basınç düşüşünü artırır.

2.2.3.2. Silindirik oluk kollektör

Silindirik oluk kollektör, ışınların odak çizgisinden ziyade bir odak düzleminde yakınsamaları ile parabolik kollektöre benzer. Bu tip kollektörler nadiren üretilir.

2.2.3.3. Lineer Fresnel kollektör

Lineer Fresnel kollektörler genellikle güneş ışınımını parabolik oluk kollektörlerde olduğu gibi emici tüpler üzerinde yoğunlaştırmak için kullanılan aynalarda bulunur. Parabolik oluk kollektöre göre daha düşük konsantrasyon faktörü nedeniyle, çalışma sıvısında normal olarak daha düşük çalışma sıcaklıklarına ulaşılır.

Böylece, bu tür tesisler daha düşük bir verimle çalışırlar. Focus Fresnel yansıtıcıları, oluk kollektörlerin geleneksel takibine alternatif olarak kullanılır.

2.2.4. Çift eksenli takipli kollektörler

Çift eksenli takip sistemleri, karşılıklı olarak birbirine dik iki dönüş eksenine sahiptir. Birincil eksen zemine göre sabitlenmişken, ikincil eksen birincil eksene göre konumlandırılmıştır. Kollektörler genellikle ikincil eksene paralel yönlendirilir. Güneşi hem yatay hem de dikey olarak takip edebildikleri için güneş ışınımının daha iyi kullanılmasına izin verdiği için avantajlıdır.

2.2.4.1. Merkezi alıcı kule

Bu tip düzenleme, enerji üretimi amaçlı büyük ölçekli tesislerde kullanılır. Sistem, iki eksenli izleme sistemlerine sahip çok sayıda heliostatla çevrili merkezi bir kuleye sahiptir. Güneş enerjisi, merkez kulenin tepesine monte edilmiş bir alıcı üzerindeki heliostat alanı tarafından konsantre edilir. Su, erimiş tuz ve basınçlı hava, bu tip santraller için tipik çalışma sıvısıdır.

2.2.4.2. Parabolik çanak

Parabolik çanak toplayıcının iki eksenli takip sistemi ile donatılmış parabolik bir kabı vardır. Işıklar, alıcının yerleştirildiği bir noktada konsantre edilir. Alıcının içinde, ısının çalışma sıvısına aktarılmasını sağlayan bir ısı eşanjörü sağlanır. Tasarım, bir uydu antenine benzer. Ticari olarak temin edilebilen büyük parabolik çanak toplayıcılar, imalatında çok yüksek hassasiyet ve nakliye zorlukları nedeniyle maliyetlidir.

2.2.4.3. Dairesel Fresnel lens

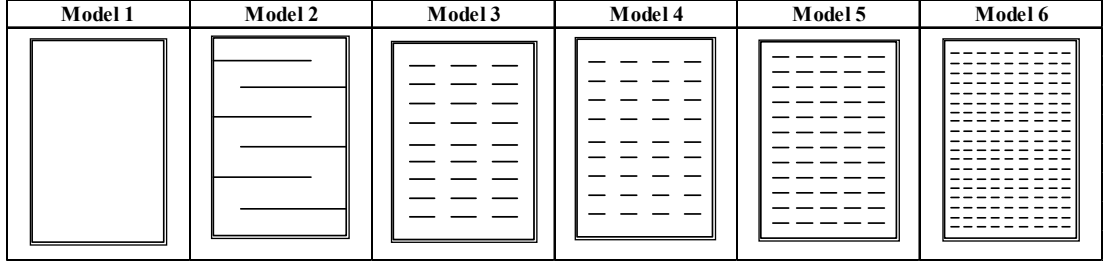
Işığı bir noktada yoğunlaştırmak için geleneksel bir dışbükey mercek kullanılır. Işıkların yoğunlaştığı noktada son derece yüksek sıcaklıklara ulaşılmaktadır. Bir merceğin bu özelliğinden bu tip toplayıcılarda faydalanılabilir. Dairesel Fresnel lens, konveks taraf arasında düzlemsel yüzey birleştirilen geleneksel lensten biraz farklıdır. Bu düzenleme, bir ışık kaynağından daha eğik ışığın yakalanmasını sağlar. Ayrıca, bir nokta yerine, ışıklar daireli Fresnel lens kullanılarak küçük bir alana dönüştürülür. Çok ince sac şeklinde üretilebildiği için geniş diyafram açıklığında bile hafiftir. Fresnel lens genellikle deniz fenerinde, uzun mesafelerde görülebilmesi için navigasyon amacıyla kullanılır [19].

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Güneş hava kolektöründeki engeller, Nusselt sayısını artırmak amacıyla türbülans üretmek için kullanılır. Türbülans oluşturmak için, bölmeler ikincil bir akış üretmek üzere zorunlu akıma yerleştirilir [20]. Fiuk ve ark., pasif havalı güneş kolektörleri üzerinde yapılan deneysel bir araştırmanın sonuçları sunmuşlardır. İki emici yüzey tasarımının uygulanmasının termal verimlilik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Emici yüzey tasarımları, siyah boya ile kaplanmış üç adet dalgalı alüminyum levhadan oluşmaktadır. Işınımın sıcaklık artışı, hacimsel akış hızı ve termal verimlilik üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Termal verimlilik açısından en iyi performans gösteren tasarımın, levha tersine çevrilmeden dalgalı perdelerle olduğu tespit edilmiştir [21]. Abhay ve ark., dolaylı tip güneş kurutucunun emici plakası üzerinde kare şekilli pürüzlülük ile donatılmış bir havalı güneş kolektöründe hava akışı ve ısı transferi karakteristikleri üzerinde çalışmışlardır. Türbülanslı akış alanı için yönetim denklemleri RNG $k - \epsilon$ türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Simülasyon modeli mevcut literatürün deneysel sonuçları ile doğrulanmıştır ve iyi bir uyum olduğu görülmüştür [22].

Verim artırma yöntemlerinden birisi olarak, kolektör yüzeyinde pürüzlülük, laminar alt tabakadaki hava akışını yeniden düzenleyebilir ve hava akışı ve emici plaka arasındaki ısı transferini arttırmak için türbülans oluşturabilir. Pürüzlülüğün uygulanması, pürüzsüz güneş kolektörüne kıyasla termal performansta önemli bir artış sağlamaktadır [23]. Bu tez çalışmasında, geometrik engellerin kolektör verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Biri engelsiz, standart kolektör olmak üzere, 6 farklı güneş kolektörü tasarımı yapılmış ve CFD ortamında analizleri gerçekleştirilmiştir.

Biri engelsiz olmak üzere toplamda 6 kolektörün, 0,5 m/s, 0,4 m/s ve 0,3 m/s olmak üzere üç farklı hızda analizleri yapılmıştır. Söz konusu kolektörler Şekil 3.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Analizi Yapılan Kollektörlerin Genel Görünüşleri

Kollektörlerin boyutları, toplayıcının üst tarafına yerleştirilmiş 4 mm kalınlığında cam plaka ve kollektörün altındaki 10 mm kalınlığındaki cam yünü yalıtım tabakası ile birlikte 1940x936x94 mm³tür. Malzeme özellikleri Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Malzemelerin Fiziksel Özellikleri [10]

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Özgül Isı (J/kgK)
Alüminyum	2719	202,4	871
Cam	2800	1,1	750
Cam Yünü	52	0,034	657

3.1. CFD Analizi

ANSYS CFD, CFX ve Fluent yüksek doğruluk için kontrol hacmi tabanlı analiz araçlarıdır ve geniş uygulanabilirlik için ağırlıklı olarak basınç tabanlı bir çözüm tekniğine dayanmaktadır. Esas olarak sıvı akış denklemlerini ve denklem çözüm stratejilerini entegre etme biçimleri bakımından farklılık gösterirler. ANSYS CFX çözücü, alanı analiz etmek için yapısal analizde kullanılan benzer sonlu elemanlar (hücre tepe noktası sayısal) kullanır. Buna karşılık, ANSYS FLUENT çözücü sonlu hacimler kullanır. Nihayetinde, her iki yaklaşım da doğru CFD simülasyonları için hayati bir özellik olan akış miktarlarının tam olarak korunmasını sağlayan kontrol hacmi denklemleri oluşturur. ANSYS CFX, hareketin hareket denklemlerini (birleştirilmiş cebirsel çoklu-ızgara) çözmek için tek bir yaklaşıma odaklanırken, ANSYS FLUENT birkaç çözüm yaklaşımı (yoğunluk tabanlı, ayrı ve bağlı basınç bazlı yöntemler) sunar [24]. CFD ile yapılan çözümler, akış alanının ayrıntılı ve kapsamlı bir temsili sağlayabildikleri için en umut verici araç olarak kabul edilir [25].

Düz plaka havalı güneş kollektörlerinin performansını simüle eden matematiksel model yöntemlerinden biri kararlı durum (steady state) modelleridir. Kararlı durum modellerinin çalışma prensibi, sistem parametrelerinin zamandan bağımsız olmasıdır [26]. Bu çalışmada zaman parametrelerine bağlı (transient state) bir model kullanılmıştır.

Sonlu eleman ağı (mesh) üretimi, CFD probleminin yönetimsel kısmi diferansiyel denklemlerine sayısal çözümler elde etmede önemli bir hususu temsil eder. Sonlu eleman ağı oluşturulmasıyla, belirli bir akış problemi için çözümü elde etmedeki başarıyı veya başarısızlığı belirleyebildiği önemli bir unsurdur [27]. Sonlu eleman ağı kalitesini iyileştirmek için eleman kalitesi, eğrilik ve dik kalite gibi ağ parametreleri dikkate alınmıştır. Ortalama element sonlu eleman ağı kalitesi 0.8 ve üzeri kabul edilmektedir [28]. Standart çarpıklık ve ortogonal kalite sonlu eleman ağı metrik spektrumları Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

Skewness (Çarpıklık)					
Mükemmel	Çok iyi	İyi	Kabul Edilebilir	Kötü	Kabul Edilemez
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00
Ortogonal Kalite					
Mükemmel	Çok iyi	İyi	Kabul Edilebilir	Kötü	Kabul Edilemez
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

Şekil 3.2. Çarpıklık ve ortogonal kalite sonlu eleman ağı metrik spektrumu [28]

Giriş için sınır koşulları "hız girişi" sınır koşulu ve çıkışta "basınç çıkışı" koşulu belirtilmiştir. Girişteki hava, sırasıyla %5 ve %10 ile türbülans şiddeti ve viskozite oranı türbülans spesifikasyon yöntemine sahiptir. Kollektör üstü örtü yüzeyi güneş ışığına maruz kalır. Duvarlarda kayma koşulu olmadığı kabul edilmiştir. Çıkışta sıfır gösterge basıncı olan basınç çıkış sınır koşulu kullanılmıştır.

Radyasyona bağlı olarak yüzeylerin ısıtılması, Discrete Transfer Radiation Model, P-1 Radyasyon Modeli, Rosseland Radyasyon Modeli, Yüzeyden Yüzeye (S2S) Radyasyon Modeli veya Ayrık Ordinatlar (DO) Radyasyon Modeli kullanılarak elde edilebilir [29].

ANSYS FLUENT tarafından, açık hava şartları ve teorik maksimum olmak üzere iki tane güneş yükü hesaplama modeli verilmektedir [30]. Bu çalışmada

Rosseland Radyasyon Modeli kullanılmıştır. Rosseland Modeli yalnızca basınç tabanlı çözücü için kullanılabilir. Güneş hesaplayıcısı, konumun 38.42373 ve 27.1283 boylam ve enlem açısı vardır. Analiz sonuçlarında gün içerisinde 10:00 ile 17:00 saatleri arasındaki değerler dikkate alınmıştır. Üst örtüden ortama radyasyon ve karışık taşınım şartları kullanılarak modellenmiştir.

Akışın zamana ve basınca bağlı olduğu kabul edilerek sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Türbülans modellemesi için, Realizable k-ε türbülans modeli standart duvar şartları ayarlamasıyla kullanılmıştır.

Yapılan tüm simülasyonlarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Radyasyon modellemesi için Rosseland Modeli kullanılmıştır.
- Aracı akışkan olarak hava kullanılmıştır.
- Çevre hava giriş sıcaklığı 300 K sabit olarak kabul edilmiştir.
- Duvar olarak tanımlı bütün elemanlara kaymaz durum şartı uygulanmıştır.
- Sınır şartları belirlenirken, havanın kollektöre girdiği giriş “velocity inlet”, çıktığı çıkış ise “pressure outlet” olarak belirlenmiştir.
- Güneş Modeli hesaplamaları için açık hava şartları ayarı kullanılmıştır.
- Basınç değişimleri ihmal edilmiştir.

3.2. Enerji Analizi

Akış analizi deneysel ve teorik olarak yapılabilir. Teorik analiz, kontrol hacmi ve diferansiyel analiz olarak ikiye ayrılır. Kollektörlerin enerji analizinde, kontrol hacmi yaklaşımı genellikle teorik analiz için kullanılır. Kollektör kontrol hacminin kabulü ile teorik analizi, aşağıdaki denklemler kullanılarak deneysel analiz sonuçları ile yapılabilir.

Aracı akışkana aktarılan kullanılabilir ısı [31]:

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_g - T_c) \quad (3.1)$$

Denklemdaki " \dot{m} " havanın kütleli debisini, " c_p " sabit basınçta havanın özgül ısı değerini, " T_g " havanın kollektöre giriş sıcaklığını, " T_c " ise havanın kollektörden çıkış sıcaklığını göstermektedir.

Güneş enerjisinden gelen ısı;

$$\dot{Q}_s = I.(\tau\alpha).A_c \quad (3.2)$$

denklemleri ile bulunabilir [32]. Burada I ışınım şiddetini, τ geçirgenlik oranını, α emici plakanın emme oranını, A_c ise kolektörün alanını göstermektedir.

Kolektör verimi, aracı akışkana geçen ısı miktarının güneşten gelen ısı miktarına oranından bulunabilir [32].

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_s} \quad (3.3)$$

3.3. Ekserji Analizi

Sisteme giren toplam ekserji ile çıkan toplam ekserji birbirine eşittir.

Ekserji denge denklemi;

$$\sum \dot{E}_{x_g} = \sum \dot{E}_{x_c} + \sum \dot{E}_{x_{yok\ olan}} \quad (3.5)$$

biçiminde yazılabilir [33].

Denklemin yok olan ekserji için yeniden düzenlenirse;

$$\sum \dot{E}_{x_{yok\ olan}} = \sum \dot{E}_{x_{ış}} - \sum \dot{E}_{x_{giren\ kütle}} - \sum \dot{E}_{x_{çıkan\ kütle}} \quad (3.6)$$

$$\sum \dot{E}_{x_{yok\ olan}} = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \dot{Q}_s - \dot{m}[(h_c - h_g) - T_0(s_c - s_g)] \quad (3.7)$$

Denklemin 3.7'de yer alan T_s kolektör yüzey sıcaklığı ve T_0 çevre sıcaklığıdır. \dot{Q}_s ise kolektör tarafından emilen güneş enerjisi miktarıdır.

$$\sum \dot{E}_{x_c} = [(h_c - h_0) - T_0(s_c - s_0)] \quad (3.8)$$

Denklemin 3.8'de yer alan entalpi (h) ve entropi (s) değerleri, havalı güneş kolektörlerinde ısı taşıyıcı akışkanın hava olması sebebiyle ideal gaz kabulü yapılarak özgül ısı ve sıcaklıklar kullanılarak belirlenebilir. Bu çalışmada regresyon yapılarak hesaplanmıştır.

Havanın entalpi ve entropisini hesaplamak için, lineer regresyon analizi yapılmıştır. Analiz için 300 K – 450 K aralığında 0,1 K hassasiyetle ve 90 kPa – 110 kPa aralığında 0,1 kPa hassasiyetle entalpi ve entropi değerleri kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, hava için sıcaklık ve basınca bağlı olarak entalpi ve entropi değerlerini veren 6. dereceden polinom regresyonları elde edilmiştir. Entropi hesabında $rms=4,68.10^{-9}$, entalpi hesabında $rms=4.10^{-6}$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen regresyonlar şöyledir;

$$s(T,P)=(4,12986370E+00)-(9,00780853E-03*P)+(9,40187036E-06*P^2)+(8,35790543E-07*P^3)-(9,86990177E-09*P^4)+(4,80680074E-11*P^5)-(8,95161329E-14*P^6)+(1,44336063E-02*T)-(4,21803236E-05*T^2)+(8,59370910E-08*T^3)-(1,09304538E-10*T^4)+(7,88120499E-14*T^5)-(2,46755493E-17*T^6) \quad (3.9)$$

$$h(T)=(36,5993926)+(0,394151018*T)+(0,00401546457*T^2)-(0,0000137206782*T^3)+(0,0000000257142442*T^4)-(0,000000000251095462*T^5)+(1,01270334E-14*T^6) \quad (3.10)$$

Bu formüllerde T Kelvin cinsinden sıcaklığı, P kPa cinsinden basıncı ifade etmektedir.

Denklemden yer alan “0” (sıfır) alt indisi ölü hali belirtmekte olup çevre şartları ölü hal kabul edilmiştir.

İkinci yasa verimi;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{E}x_{çıkan}}{\dot{E}x_{giren}} = \frac{\dot{m}[h_{çıkan}-h_{giren}-T_e(s_{çıkan}-s_{giren})]}{(1-T_e/T_s)\dot{Q}_s} \quad (3.11)$$

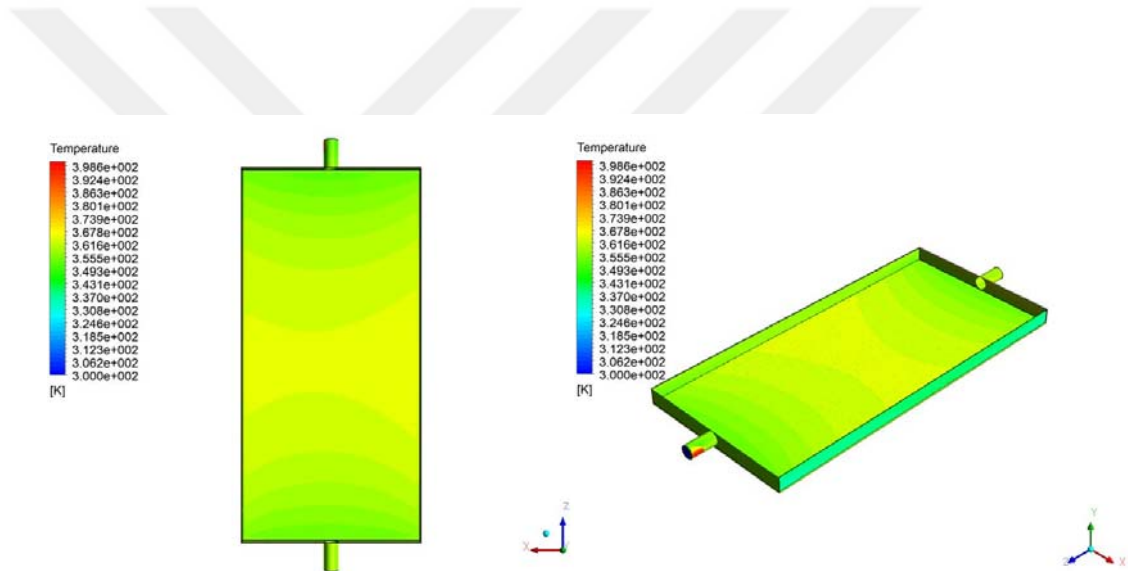
denklemini ile bulunabilir [34].

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu bölümde, tasarımı yapılan havalı güneş kolektörlerinin CFD analizleri gerçekleştirilmiş, kolektörlerin sıcaklık dağılımları ve hava akış çizgileri incelenmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar ve daha önce belirtilen formüller kullanılarak, kolektörlerin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır.

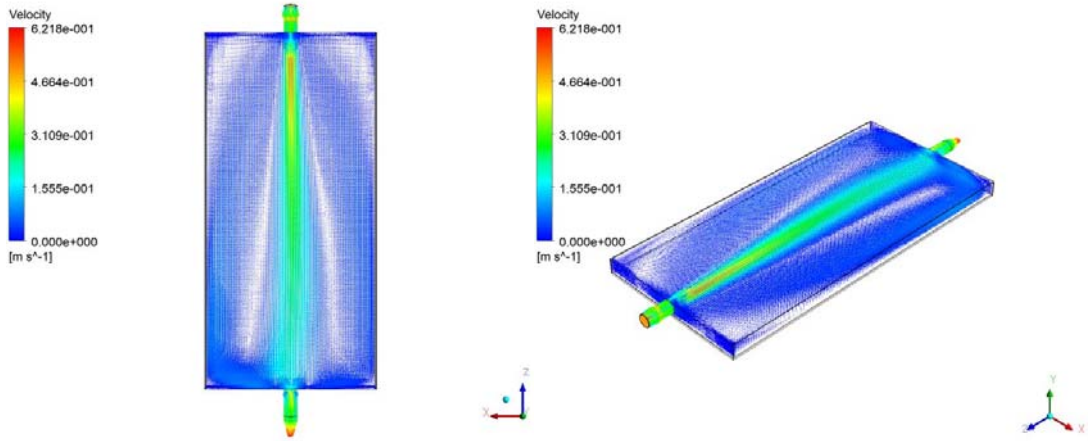
4.1. Kolektörlerin CFD Analizi

Bu bölümde, yapılan kabuller doğrultusunda CFD analizi yapılan kolektör modellerinin sıcaklık dağılımları ve hava akış çizgileri incelenmiş, enerji ve ekserji verimleri karşılaştırılmıştır.



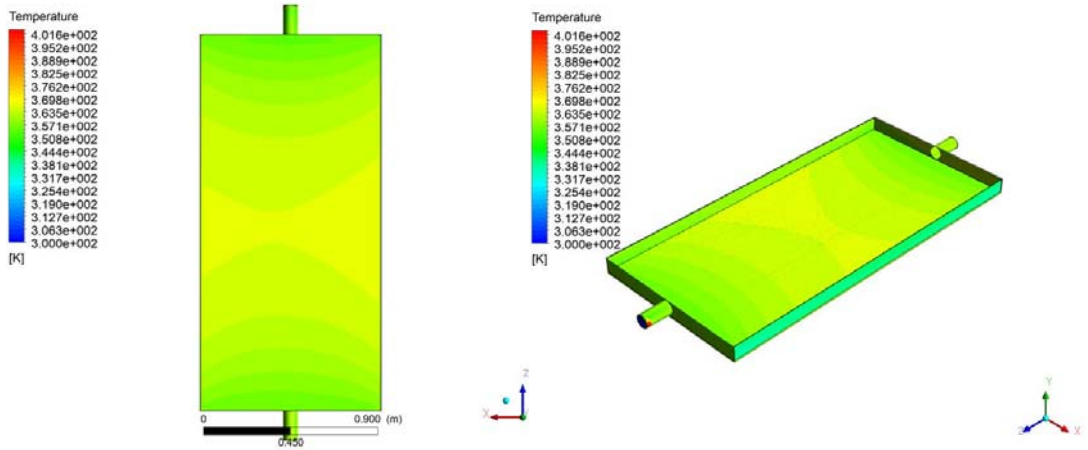
Şekil 4.1. Model 1 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

1 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.1.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kolektör emici yüzeyinin orta bölümünün en yüksek sıcaklığa ulaştığı, kolektör kenarları ve cidarların daha düşük sıcaklığa ulaştıkları görülmektedir. Kolektör kenarları ve cidarlar yaklaşık 350 K sıcaklıktayken, kolektörün orta kısmı 365 K sıcaklığa kadar ısınmaktadır.



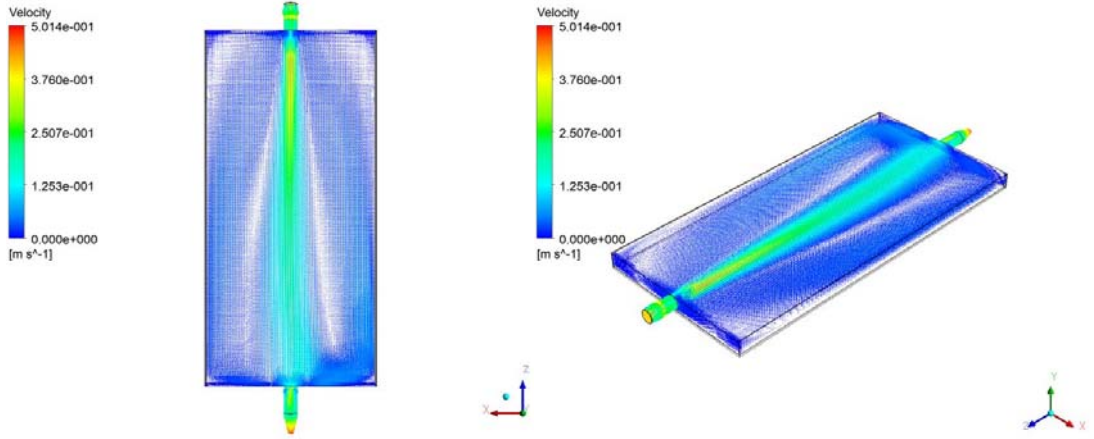
Şekil 4.2. Model 1 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

1 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.2.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın linear bir akış izlediği görülmektedir.



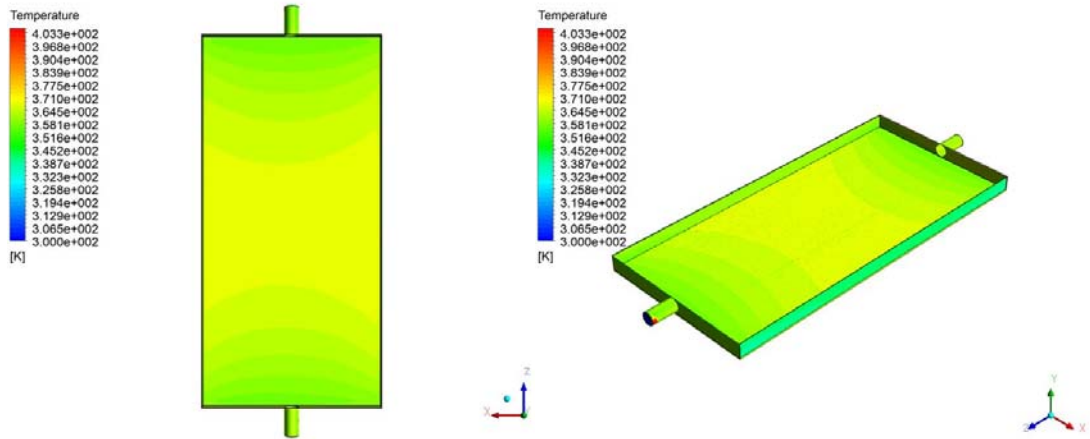
Şekil 4.3. Model 1 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

1 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.3.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör emici yüzeyinin orta bölümünün en yüksek sıcaklığa ulaştığı, kollektör kenarları ve cidarların daha düşük sıcaklığa ulaştıkları görülmektedir. Kollektör kenarları ve cidarlar yaklaşık 355 K sıcaklıktayken, kollektörün orta kısmı 370 K sıcaklığa kadar ısınmaktadır.



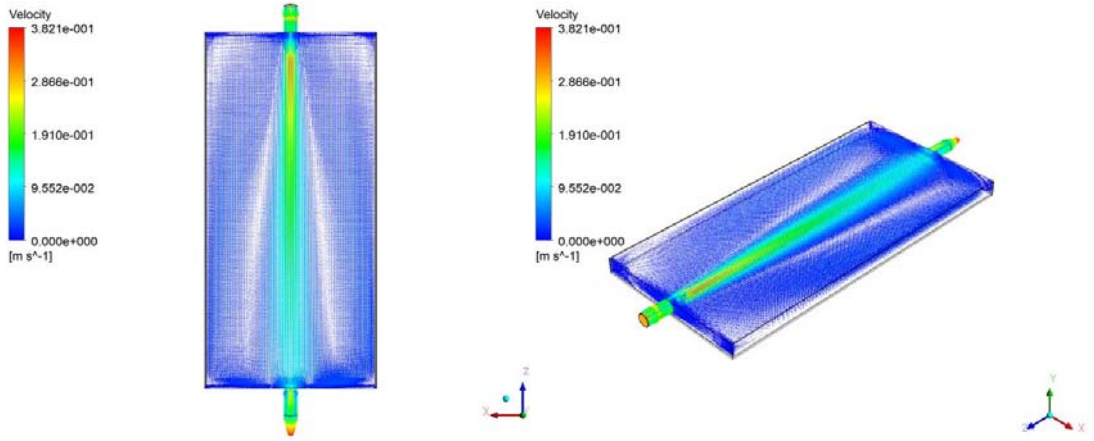
Şekil 4.4. Model 1- 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

1 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.4.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın lineer sayılabilecek bir akış izlediği görülmektedir.



Şekil 4.5. Model 1- 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

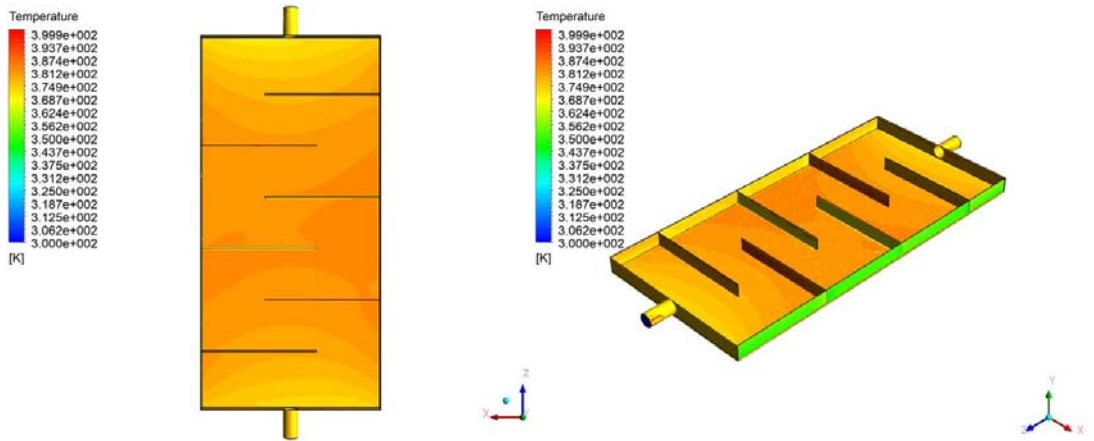
1 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.5.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör emici yüzeyinin orta bölümünün en yüksek sıcaklığa ulaştığı, kollektör kenarları ve cidarların daha az sıcaklığa ulaştıkları görülmektedir. Kollektör kenarları ve cidarlar yaklaşık 360 K sıcaklıktayken, kollektörün orta kısmı 372 K sıcaklığa kadar ısınmaktadır.



Şekil 4.6. Model 1- 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

1 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.6.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın lineer sayılabilecek bir akış izlediği görülmektedir.

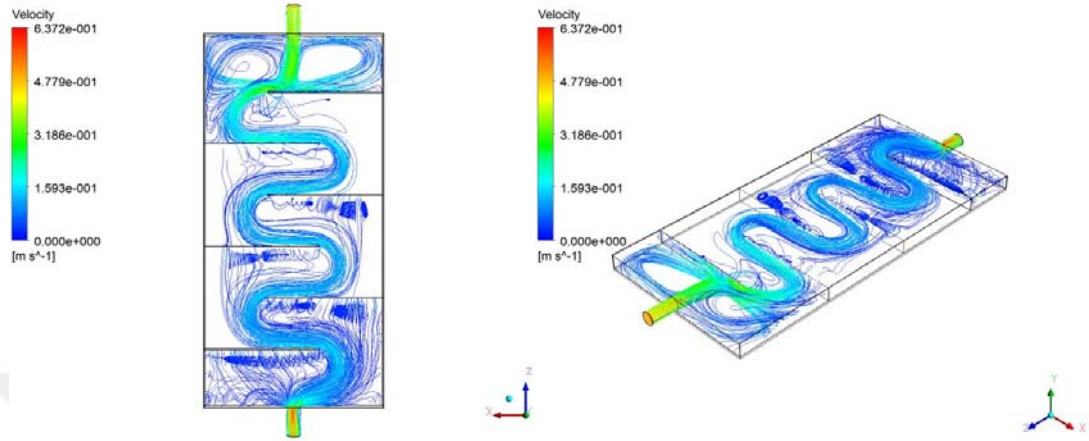
Model 1 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Bu modelde engeller bulunmadığından, her 3 hava hızında da, hava akışının benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Model 2 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

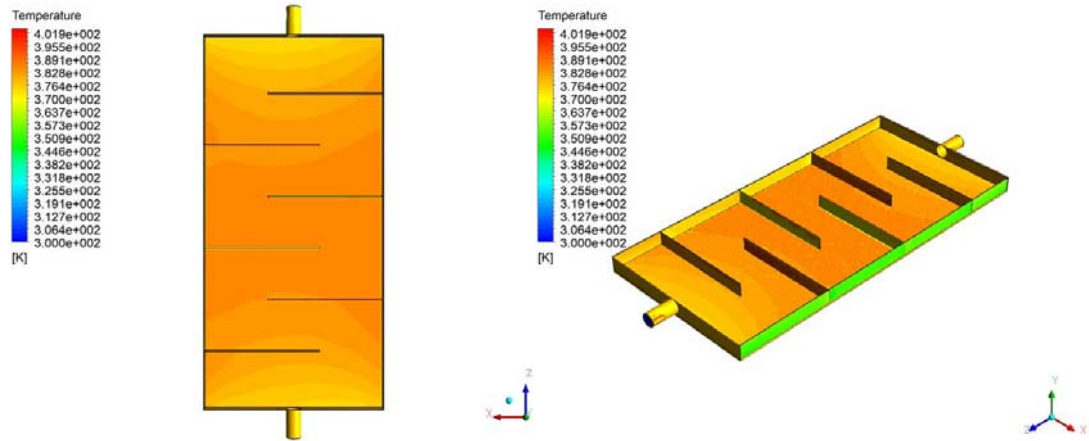
2 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.7.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin, kollektörün diğer bölümlerine göre daha az ısındığı görülmektedir. Kollektör emici

yüzeyi yaklaşık 380 K sıcaklığa ulaşırken, cidarlar ve hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin sıcaklığı yaklaşık 365 K – 370 K aralığında sıcaklığa sahiptir. Kollektörde bulunan engeller, sıcaklığın artmasında etkili olmuştur.



Şekil 4.8. Model 2 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

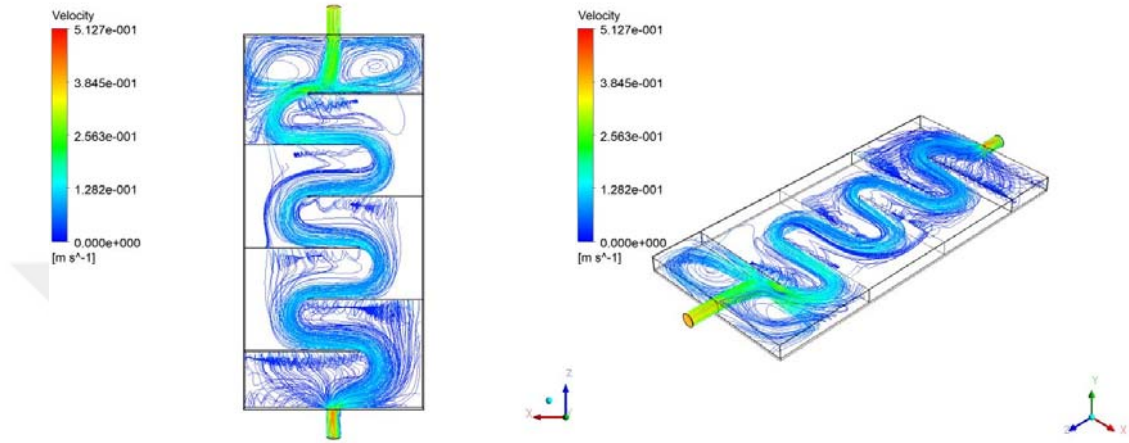
2 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizimleri analizi Şekil 4.8.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vortexler (girdaplar) oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vortexler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminar bir hale gelmektedir.



Şekil 4.9. Model 2 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

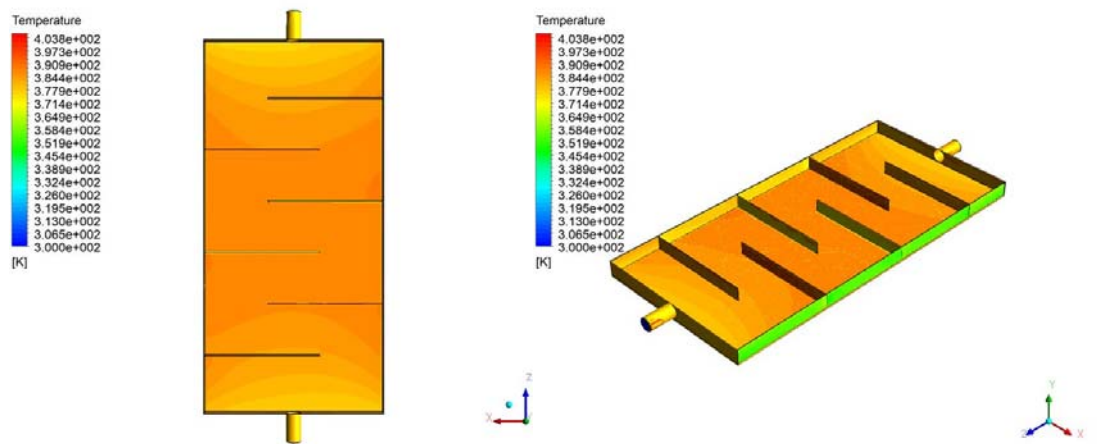
2 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılımı analizi Şekil 4.9.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, , hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin,

kollektörün diğer bölümlerine göre daha az ısındığı görülmektedir. Kollektör emici yüzeyi yaklaşık 385 K sıcaklığa ulaşırken, cidarlar ve hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin sıcaklığı yaklaşık 365 K – 375 K aralığında sıcaklığa sahiptir. Kollektörde bulunan engeller, sıcaklığın artmasında etkili olmuştur.



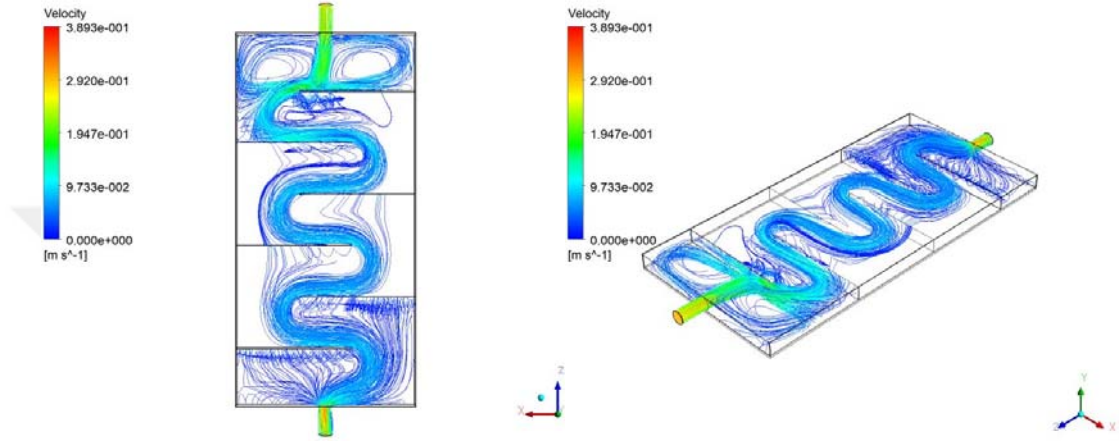
Şekil 4.10. Model 2 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

2 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.10.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vorteksler oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vorteksler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminer bir hale gelmektedir.



Şekil 4.11. Model 2 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında sıcaklık dağılımı

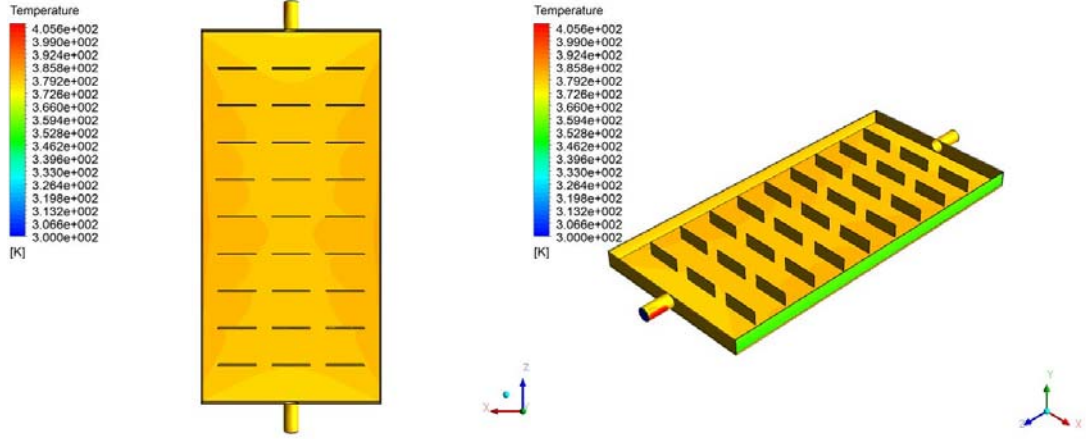
2 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.11.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, , hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin, kollektörün diğer bölümlerine göre daha az ısındığı görülmektedir. Kollektör emici yüzeyi yaklaşık 388 K sıcaklığa ulaşırken, cidarlar ve hava giriş ve çıkış kanalı bölgelerinin sıcaklığı yaklaşık 370 K – 380 K aralığında sıcaklığa sahiptir. Kollektörde bulunan engeller, sıcaklığın artmasında etkili olmuştur.



Şekil 4.12. Model 2 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında akış çizgileri

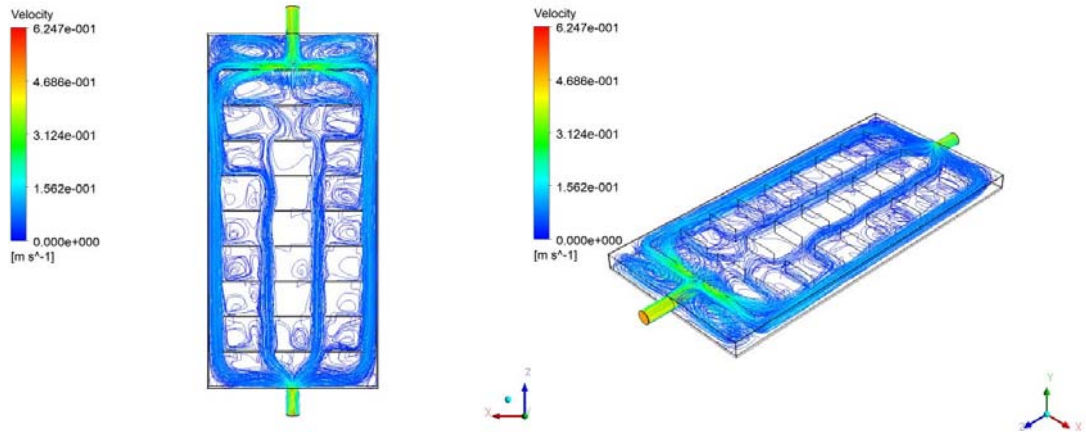
2 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.12.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vortexler oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vortexler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminar bir hale gelmektedir.

Model 2 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Düşük hava hızlarında, havanın özellikle giriş bölgesinde daha yoğun vortexler oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Model 3 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

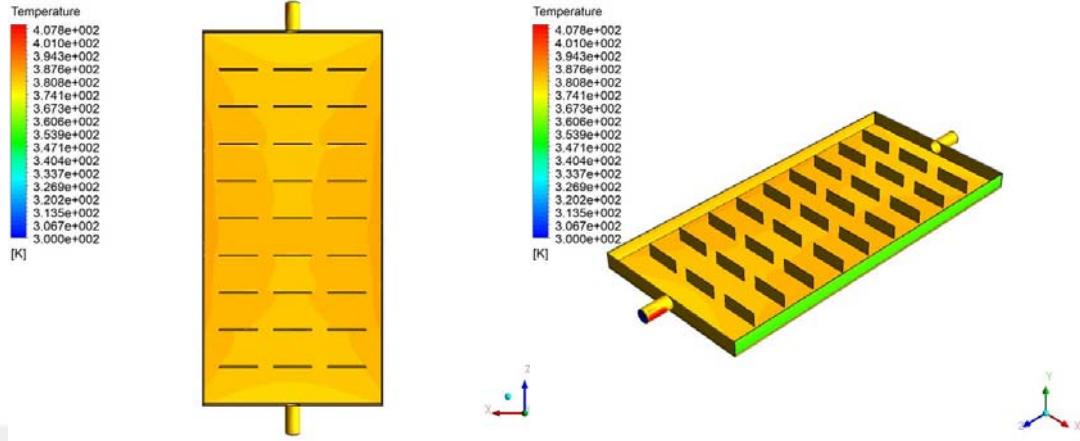
3 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.13.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör kenar yüzeylerinin, emici yüzeyin orta kısmına göre daha fazla ısındığı gözlemlenmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgeler, kollektör emici yüzeyi üzerinde en az sıcaklığa sahip olan bölgelerdir. Kollektör kenar yüzeyleri yaklaşık 390 K sıcaklığa ulaşırken, emici yüzeyin diğer kısımları 370 K – 385 K aralığında sıcaklığa sahiptir.



Şekil 4.14. Model 3 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

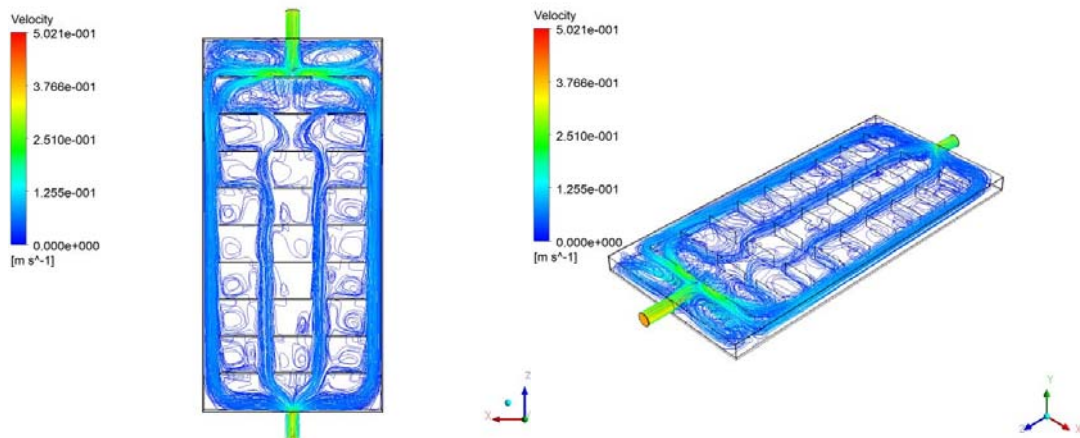
3 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.14.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vortexler oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vortexler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminar bir hale gelmektedir. Hava, daha çok giriş çıkış kanalları doğrultusunda

akışını laimner bir şekilde sürdürmekte olup, yine engeller arasında vortexler oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.15. Model 3 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

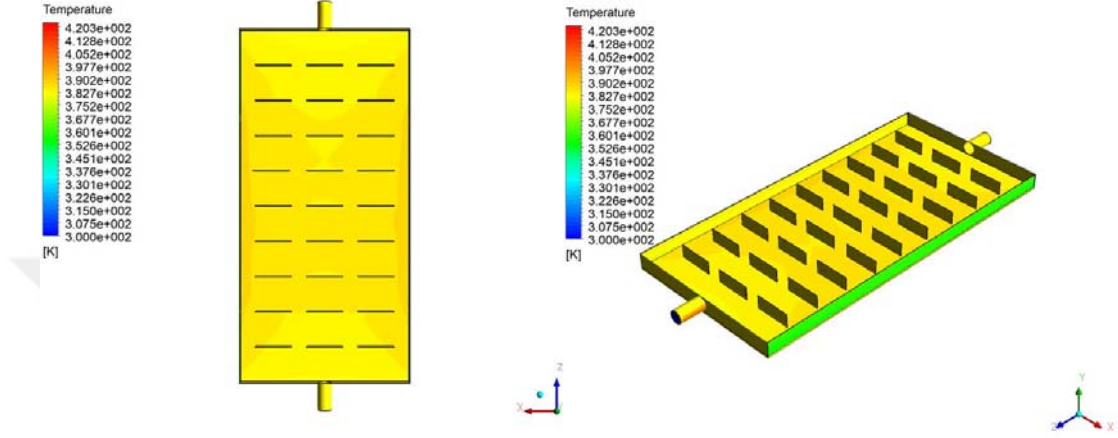
3 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.15.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör kenar yüzeylerinin en yüksek sıcaklığa erişerek, emici yüzeyin orta kısmına göre daha fazla ısındığı gözlemlenmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgeler, kollektör emici yüzeyi üzerinde en az sıcaklığa sahip olan bölgelerdir. Kollektör kenar yüzeyleri yaklaşık 395 K sıcaklığa ulaşırken, emici yüzeyin diğer kısımları 375 K – 388 K aralığında sıcaklığa sahiptir.



Şekil 4.16. Model 3 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

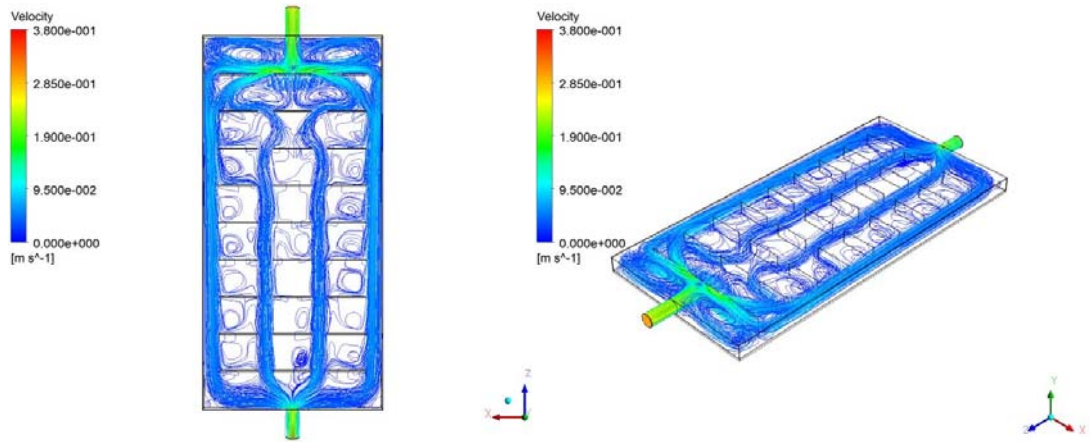
3 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.16.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vortexler

oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vortexler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminar bir hale gelmektedir. Hava, daha çok giriş çıkış kanalları doğrultusunda akışını laminar bir şekilde sürdürmekte olup, yine engeller arasında vortexler oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Model 3 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

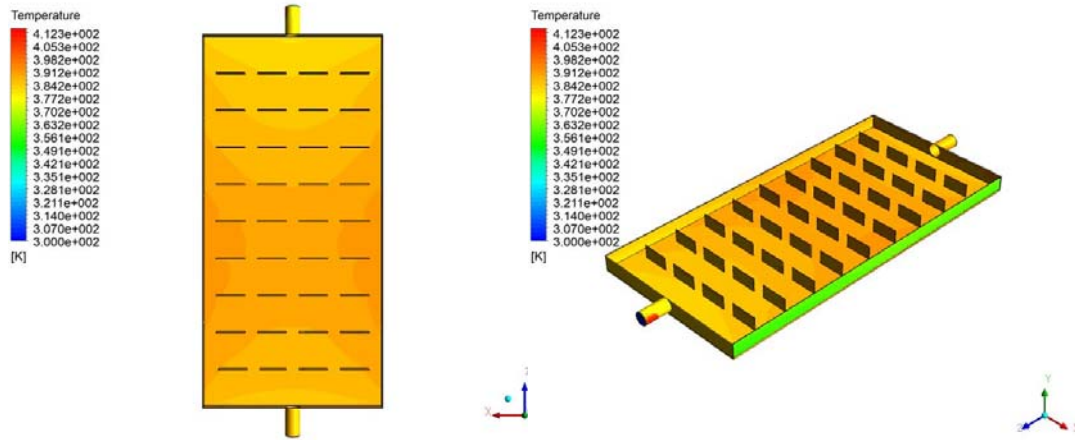
3 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.17.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör emici yüzeyi üzerinde, homojene yakın bir sıcaklık dağılımı görülmektedir. Kollektör emici yüzeyinde sıcaklık 383 K – 392 K aralığında değişmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgeler, en düşük sıcaklığa sahiptir.



Şekil 4.18. Model 3 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

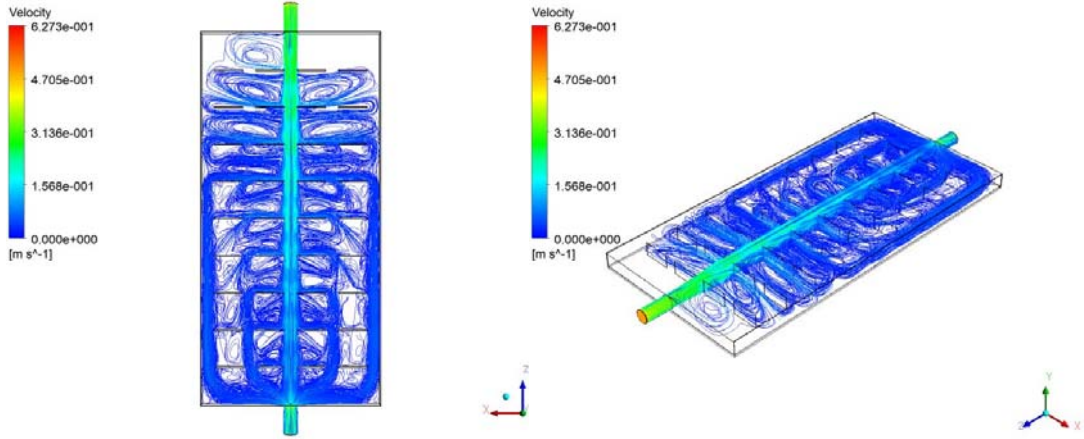
3 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.18.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller kısmında vortexler oluşturduğu görülmektedir. Özellikle giriş kanalının bulunduğu bölgede, vortexler maksimum seviyede olup, çıkış kanalına doğru vortex yoğunluğu azalarak, hava akışı daha laminar bir hale gelmektedir. Hava, daha çok giriş çıkış kanalları doğrultusunda akışını laminar bir şekilde sürdürmekte olup, yine engeller arasında vortexler oluştuğu görülmektedir.

Model 3 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Düşük hava hızlarında, havanın özellikle giriş bölgesinde daha yoğun vortexler oluşturduğu görülmektedir.



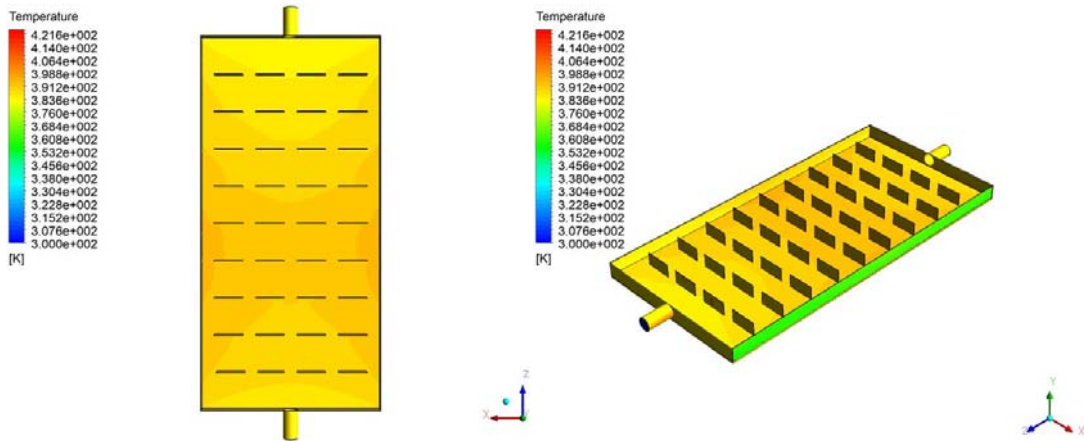
Şekil 4.19. Model 4 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

4 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.19.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör kenar bölgelerinin en yüksek sıcaklığa eriştiği, emici yüzeyin ortasının ise hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgeden daha fazla ısındığı görülmektedir. Kollektör kenar bölgeleri yaklaşık 400 K sıcaklığa ulaşırken, emici yüzeyin diğer bölgeleri 380 K – 390 K aralığında sıcaklığa sahiptir.



Şekil 4.20. Model 4 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

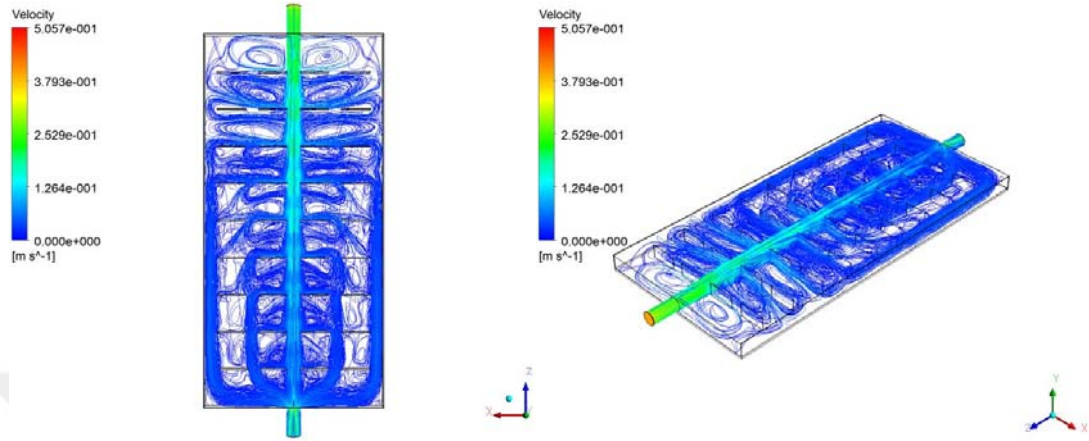
4 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.20.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller arasında yoğun vortexler oluşturduğu görülmektedir. Belirli engel sırasından sonra, havanın hareketi laminar bir şekilde akmakta iken, engeller arasında yine vortexler oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Model 4 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

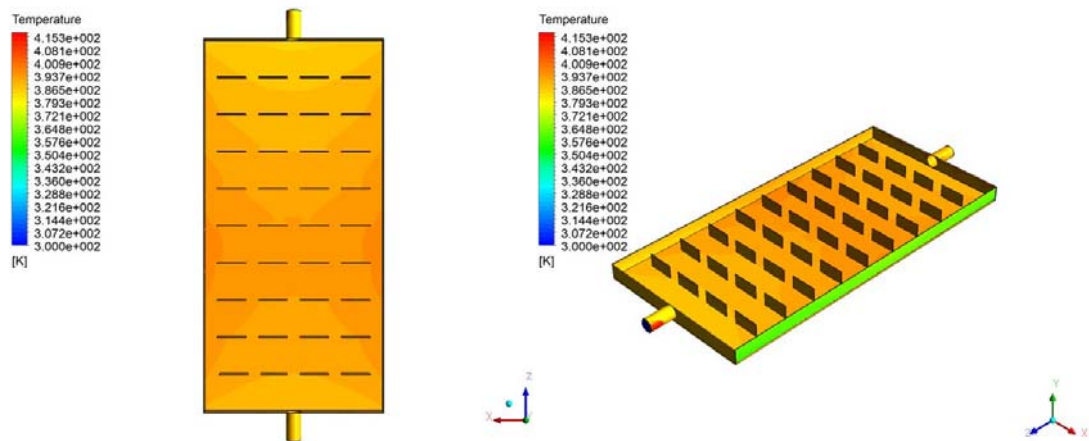
3 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.21.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektör kenar bölgelerinin en yüksek sıcaklığa eriştiği, emici yüzeyin ortasının ise hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu

bölgeden daha fazla ısındığı görülmektedir. Kollektör kenar bölgeleri yaklaşık 403 K sıcaklığa ulaşırken, emici yüzeyin diğer bölgeleri 384 K – 395 K aralığında sıcaklığa sahiptir.



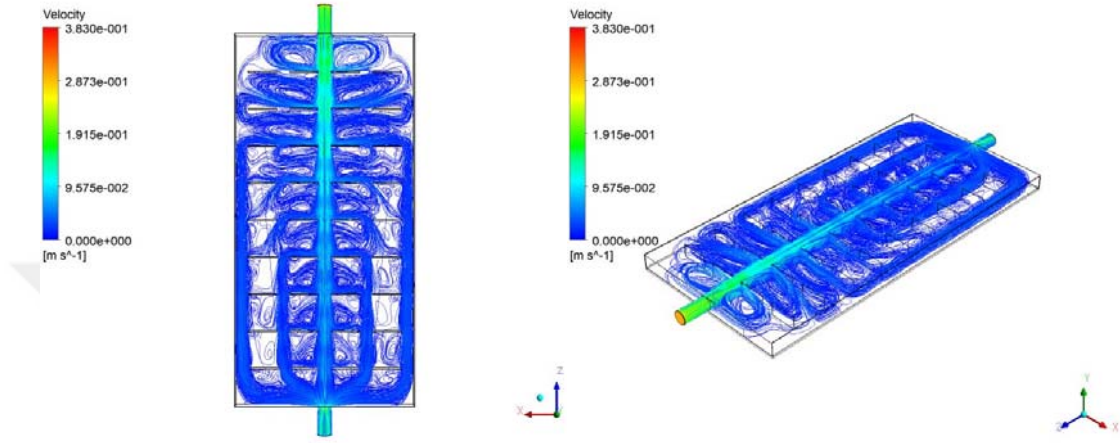
Şekil 4.22. Model 4 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

4 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizimleri analizi Şekil 4.22.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller arasında yoğun vorteksler oluşturduğu görülmektedir. Belirli engel sırasından sonra, havanın hareketi laminar bir şekilde akmakta iken, engeller arasında yine vorteksler oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.23. Model 4 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

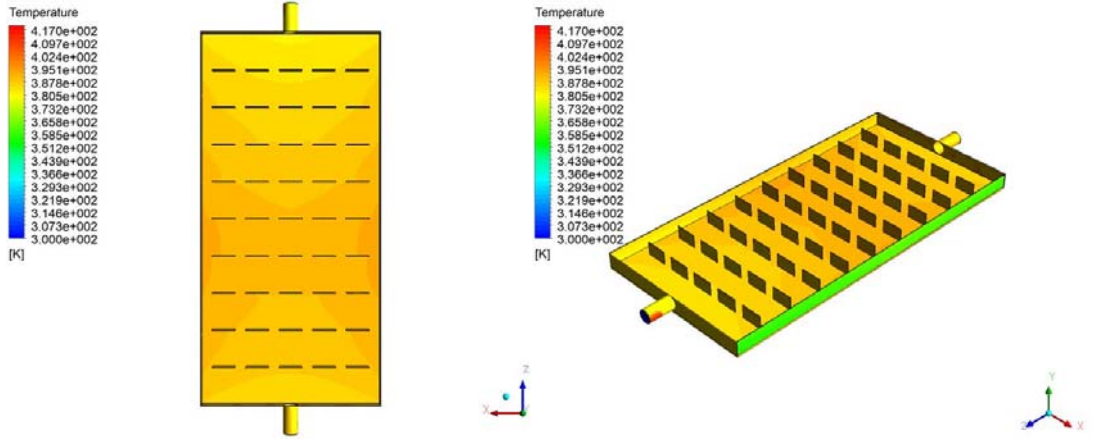
4 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.23.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgeler hariç, yaklaşık homojen bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgelerin sıcaklığı yaklaşık 388 K sıcaklığa sahipken, emici yüzeyin diğer bölgeleri 395 K – 400 K sıcaklık aralığındadır.



Şekil 4.24. Model 4 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

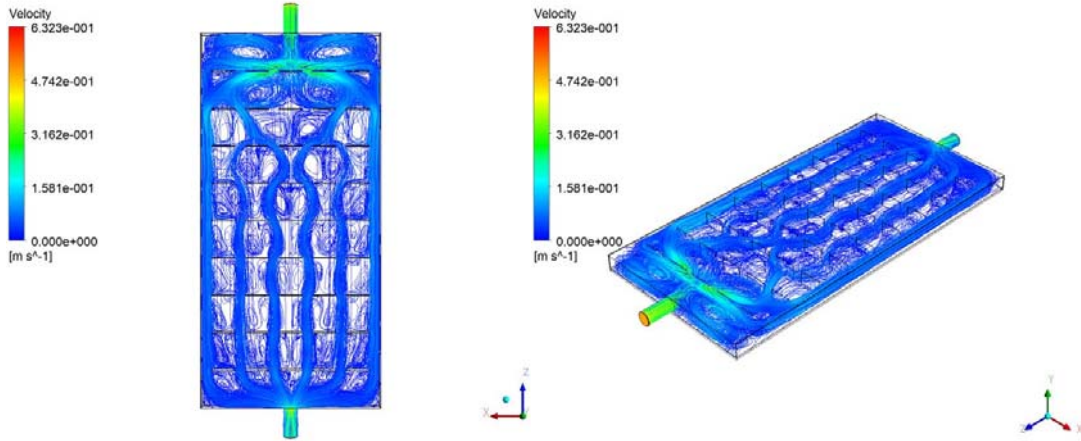
4 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.24.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, havanın engeller arasında yoğun vortexler oluşturduğunu görülmektedir. Belirli engel sırasından sonra, havanın hareketi laminer bir şekilde akmakta iken, engeller arasında yine vortexler oluştuğunu görülmektedir.

Model 4 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Düşük hava hızlarında, havanın özellikle giriş bölgesinde daha yoğun vortexler oluşturduğunu görülmektedir.



Şekil 4.25. Model 5 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

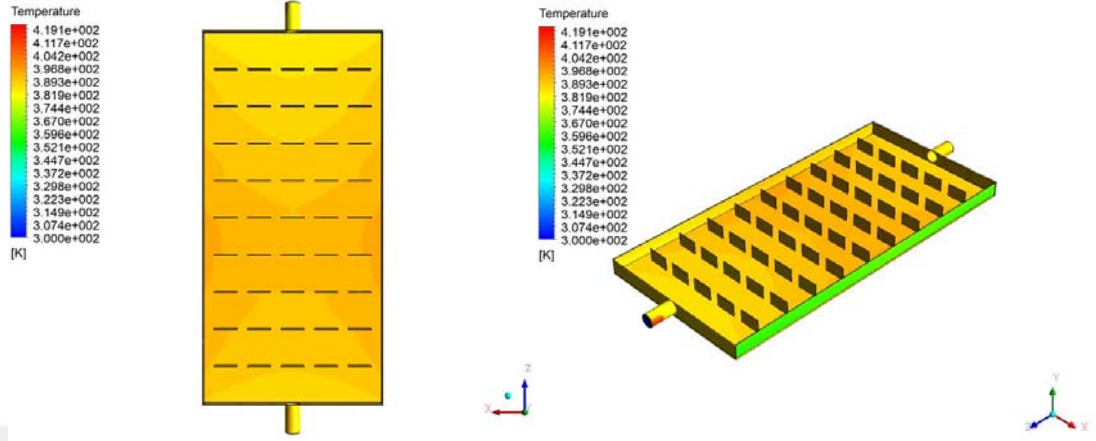
5 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.25.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektörün hava giriş ve çıkış kanalları bölgesi haricinde, emici yüzey üzerinde homojen sayılabilecek bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgede sıcaklık yaklaşık 383 K iken, emici yüzeyin diğer bölgelerinde sıcaklık 390 K – 400 K aralığındadır.



Şekil 4.26. Model 5 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

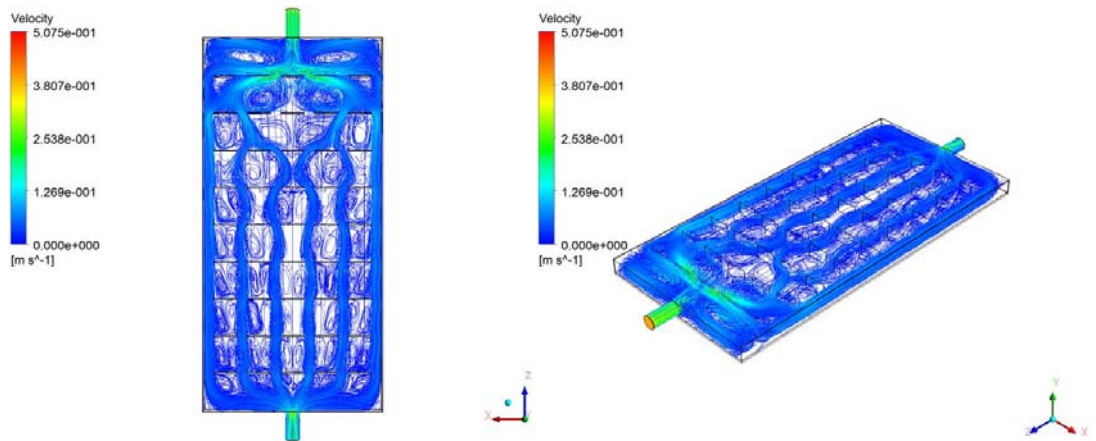
5 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.26.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminar

hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.



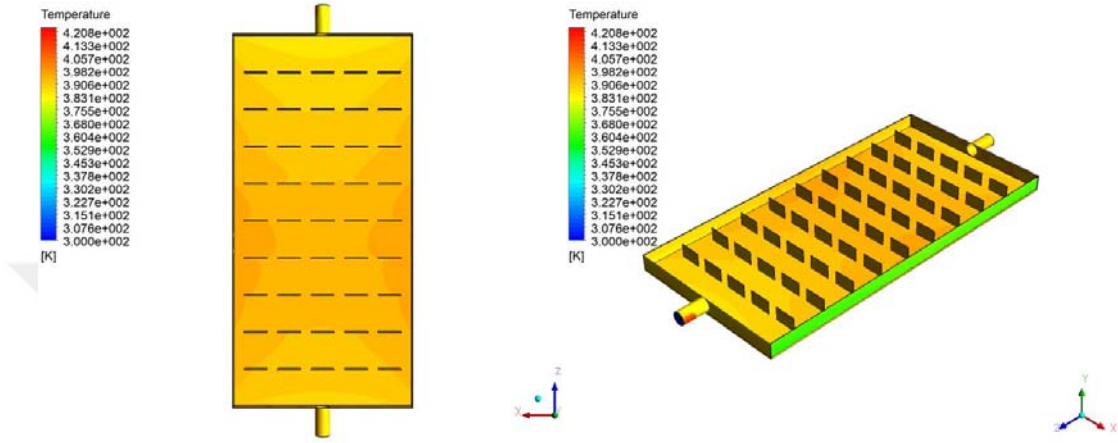
Şekil 4.27. Model 5 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

5 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.27.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektörün hava giriş ve çıkış kanalları bölgesi haricinde, emici yüzey üzerinde homojen sayılabilecek bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmektedir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgede sıcaklık yaklaşık 385 K iken, emici yüzeyin diğer bölgelerinde sıcaklık 393 K – 404 K aralığındadır.



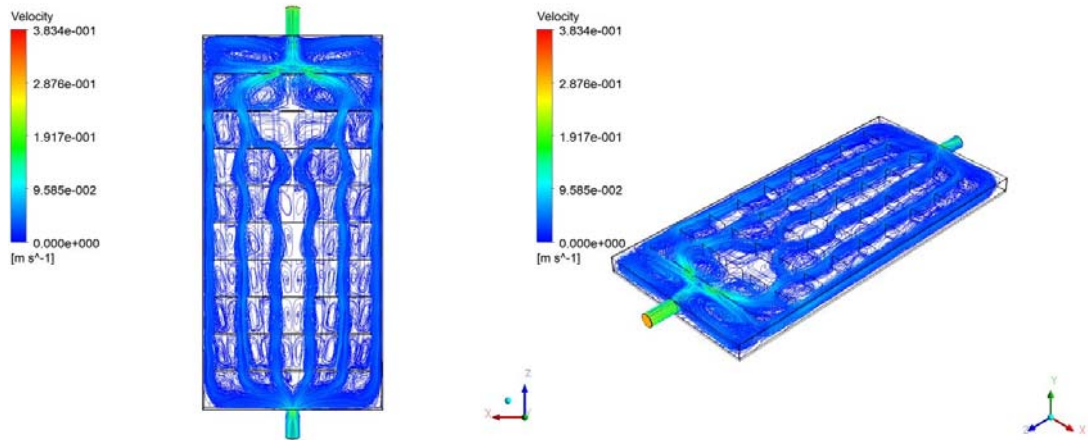
Şekil 4.28. Model 5 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

5 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.28.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminar hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.29. Model 5 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

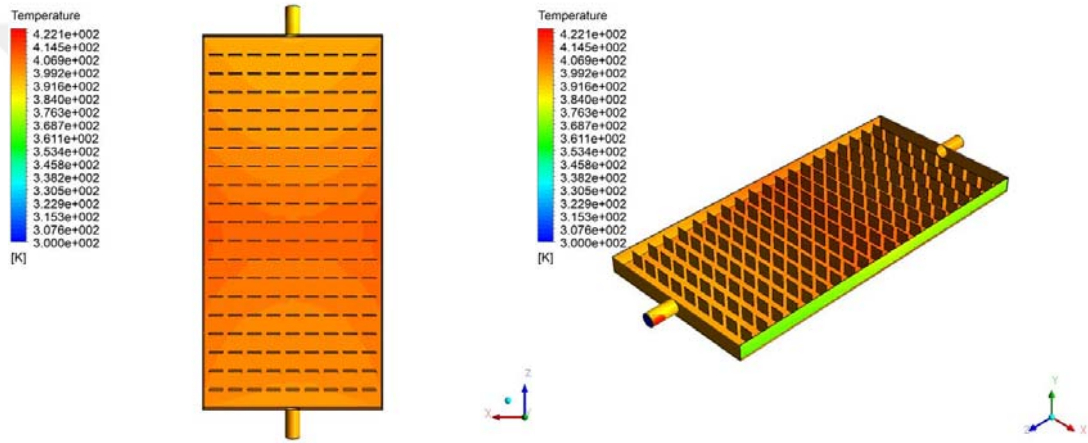
5 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.29.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, kollektörün hava çıkış kanalı bölgesi haricinde, emici yüzey üzerinde homojen sayılabilecek bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmektedir. Hava çıkış kanalının olduğu bölgede sıcaklık yaklaşık 385 K iken, emici yüzeyin diğer bölgelerinde sıcaklık 400 K – 407 K aralığındadır.



Şekil 4.30. Model 5 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

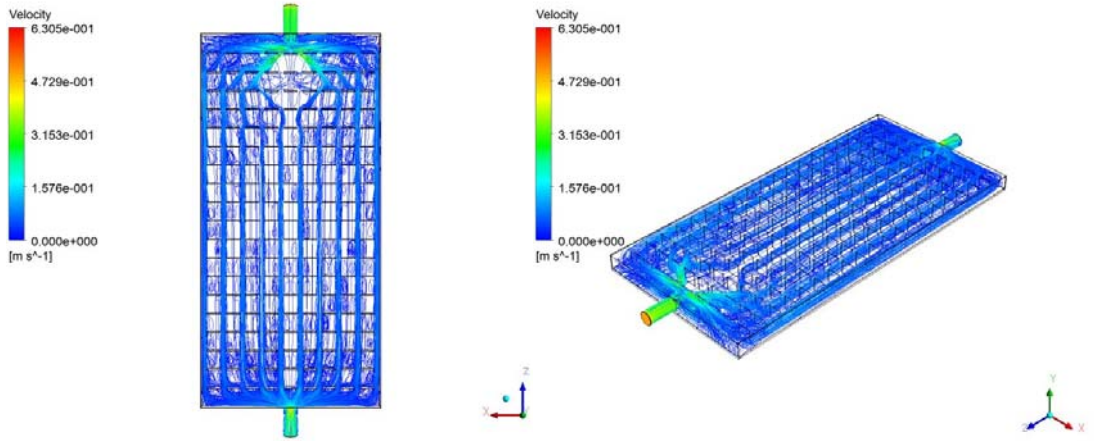
5 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.30.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminar hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.

Model 5 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Düşük hava hızlarında, havanın özellikle giriş bölgesinde daha yoğun vortexler oluşturduğu görülmektedir.



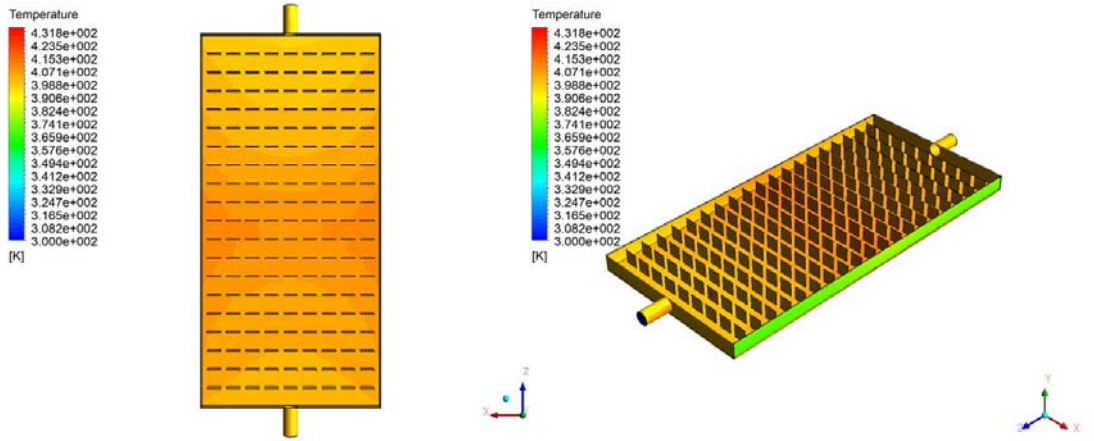
Şekil 4.31. Model 6 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

6 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılımı analizi Şekil 4.31.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, emici yüzeyin orta kısmının en yüksek sıcaklığa ulaştığı, emici yüzeyin diğer bölgelerinde homojen sayılabilecek bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmektedir. Kollektör emici yüzeyinin orta kısmı yaklaşık 415 K sıcaklığa sahiptir. Emici yüzeyin diğer kısımlarının sıcaklığı 400 K – 410 K aralığında değişmektedir.



Şekil 4.32. Model 6 - 0,5 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

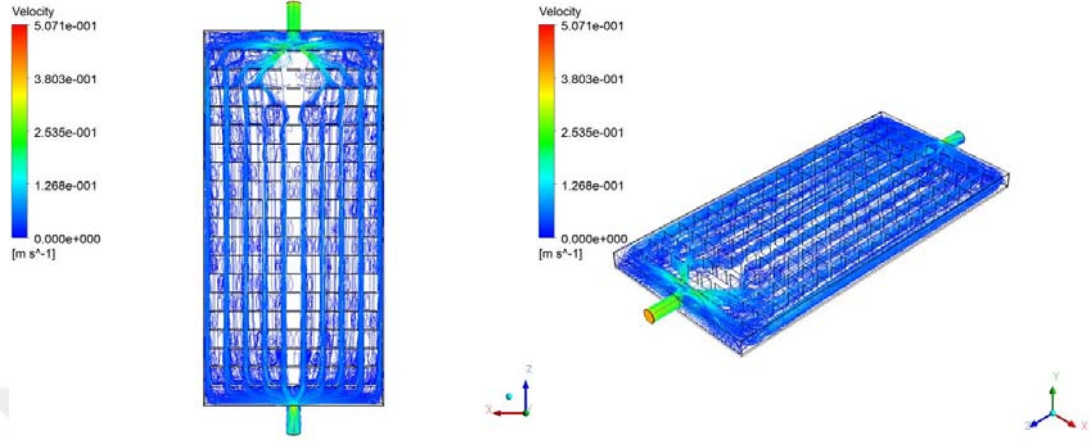
6 numaralı modelin 0,5 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.32.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde, ilk engel sırasından önce yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminar hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.33. Model 6 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

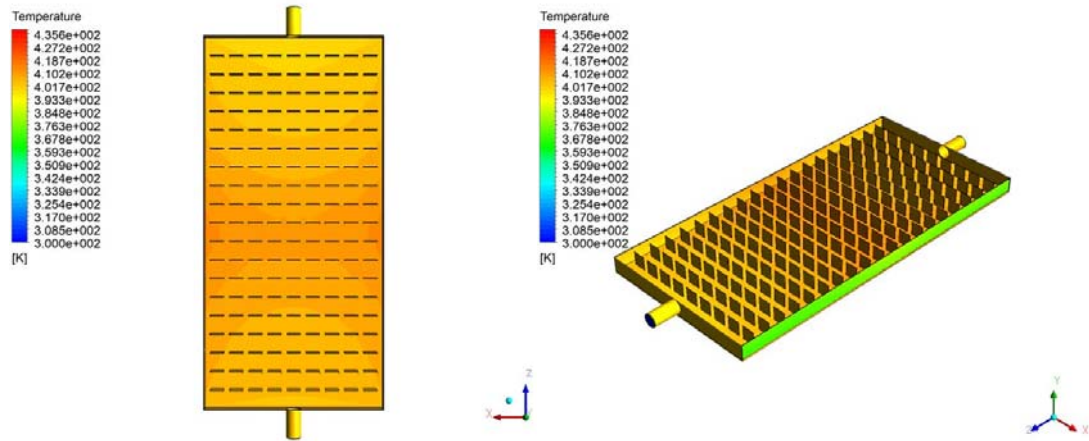
6 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.33.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, emici yüzeyin orta kısmının en yüksek sıcaklığa ulaştığı, emici yüzeyin hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgenin ise en düşük sıcaklığa sahip bölge olduğu görülmektedir. Kollektör emici yüzeyinin orta

kısmı yaklaşık 418 K sıcaklığa sahiptir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgenin sıcaklığı yaklaşık 399 K iken, emici yüzeyin diğer kısımlarının sıcaklığı 403 K – 415 K aralığında değişmektedir



Şekil 4.34. Model 6 - 0,4 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

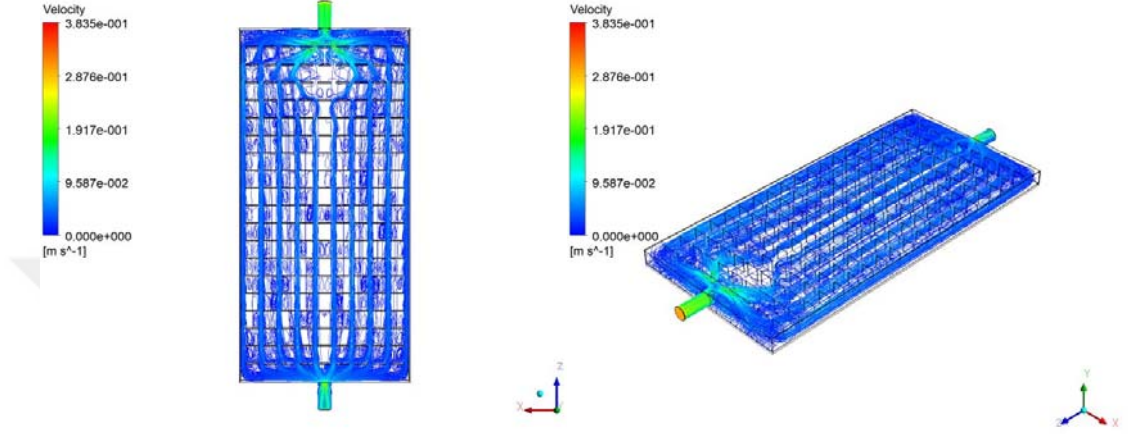
6 numaralı modelin 0,4 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.35.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde, ilk engel sırasından önce yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminer hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.35. Model 6 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Sıcaklık Dağılımı

6 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için sıcaklık dağılım analizi Şekil 4.35.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, emici yüzeyin orta kısmının en yüksek

sıcaklığa ulaştığı, emici yüzeyin hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgenin ise en düşük sıcaklığa sahip bölge olduğu görülmektedir. Kollektör emici yüzeyinin orta kısmı yaklaşık 420 K sıcaklığa sahiptir. Hava giriş ve çıkış kanallarının olduğu bölgenin sıcaklığı yaklaşık 399 K iken, emici yüzeyin diğer kısımlarının sıcaklığı 404 K – 418 K aralığında değişmektedir.



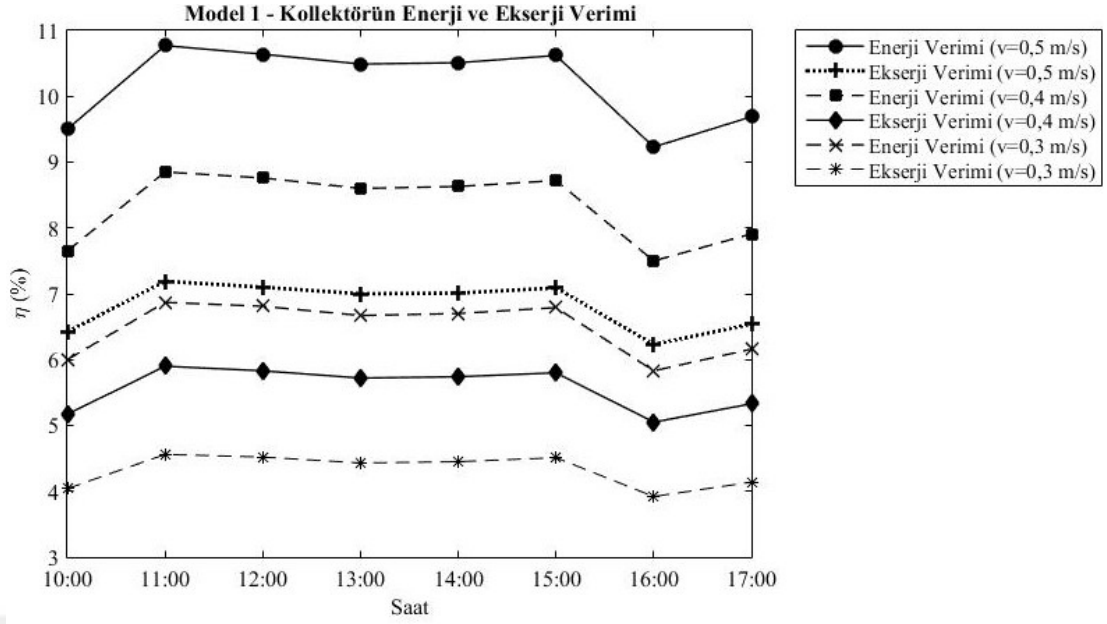
Şekil 4.36. Model 6 - 0,3 m/s Hava Giriş Hızında Akış Çizgileri

6 numaralı modelin 0,3 m/s hava giriş hızı için akış çizgileri analizi Şekil 4.36.'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde, giriş bölgesinde, ilk engel sırasından önce yoğun vortexler oluştuğu, çıkış bölgesine doğru hava hareketinin giriş çıkış kanalları boyunca laminer hale geldiği görülmektedir. Engellerin arasında, havanın vortexler oluşturduğu görülmektedir.

Model 6 genel olarak ele alındığında, hava hızı azaldıkça emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. Düşük hızlarda, havanın kollektör içinde dolaşım süresi arttığından, kollektör yüzeyi sıcaklığı da artmaktadır. Düşük hava hızlarında, havanın özellikle giriş bölgesinde daha yoğun vortexler oluşturduğu görülmektedir.

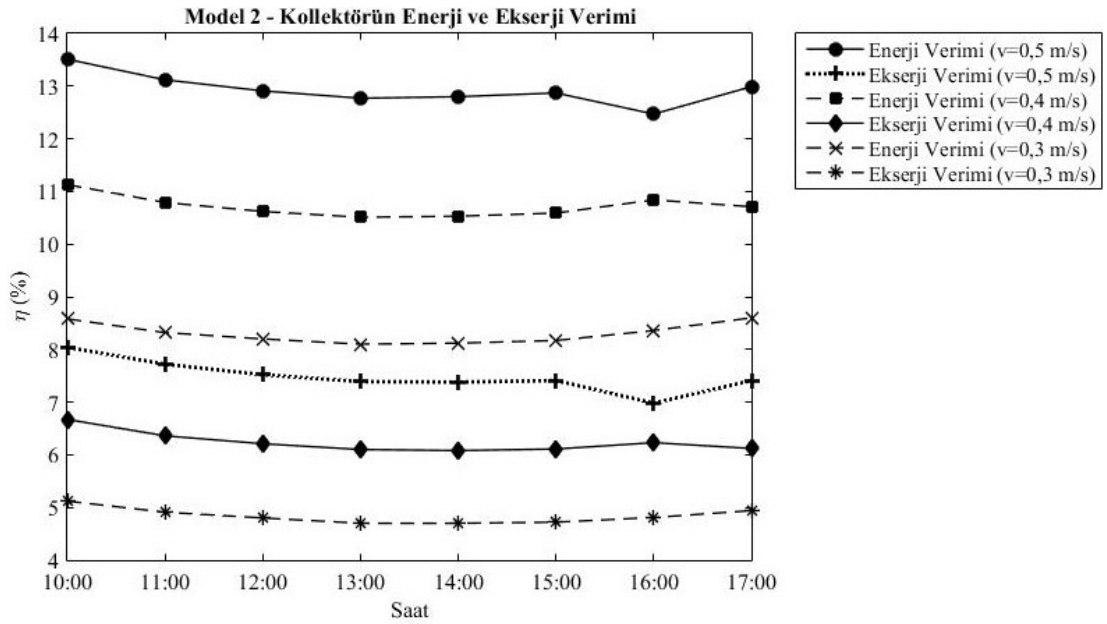
4.2. Kollektörlerin Verim Analizi

Bu bölümde, her kollektörün ayrı ayrı hava giriş hızlarına göre enerji ve ekserji verimleri incelenmiştir.



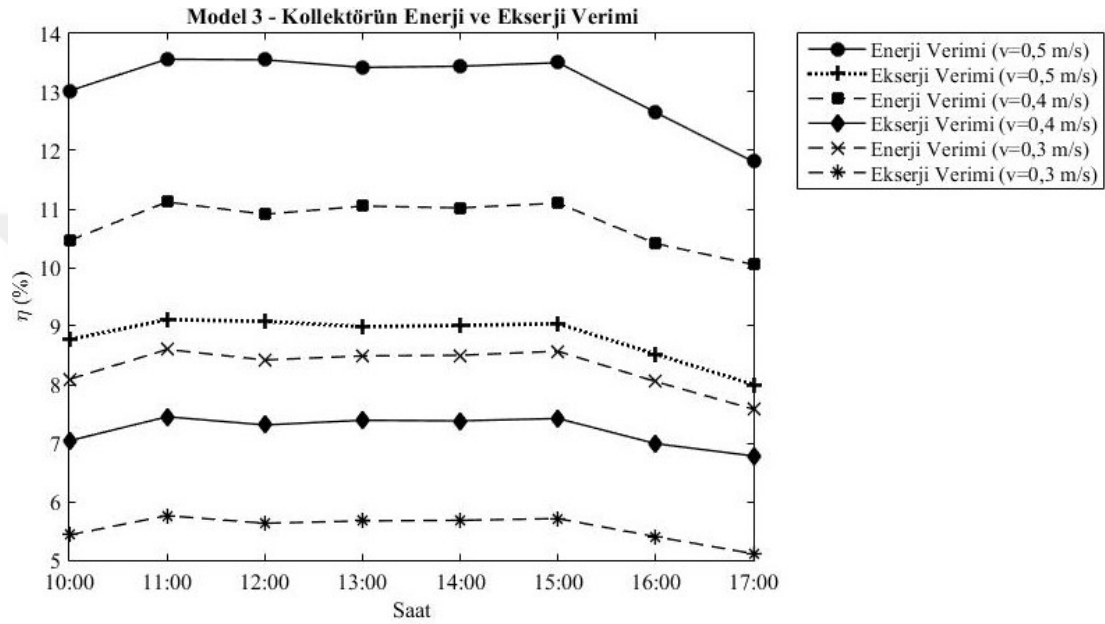
Şekil 4.37. Model 1'in hava giriş hızlarına göre enerji ve ekserji verimleri

Şekil 4.37.'de görüldüğü üzere Model 1'in enerji verimi %5 -%11 arasında, ekserji verimi ise %3- %8 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,77 olarak saat 11:00'de, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %5,84 olarak saat 16:00' da hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %7,19 olarak saat 11:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %3,92 olarak saat 16:00' de hesaplanmıştır.



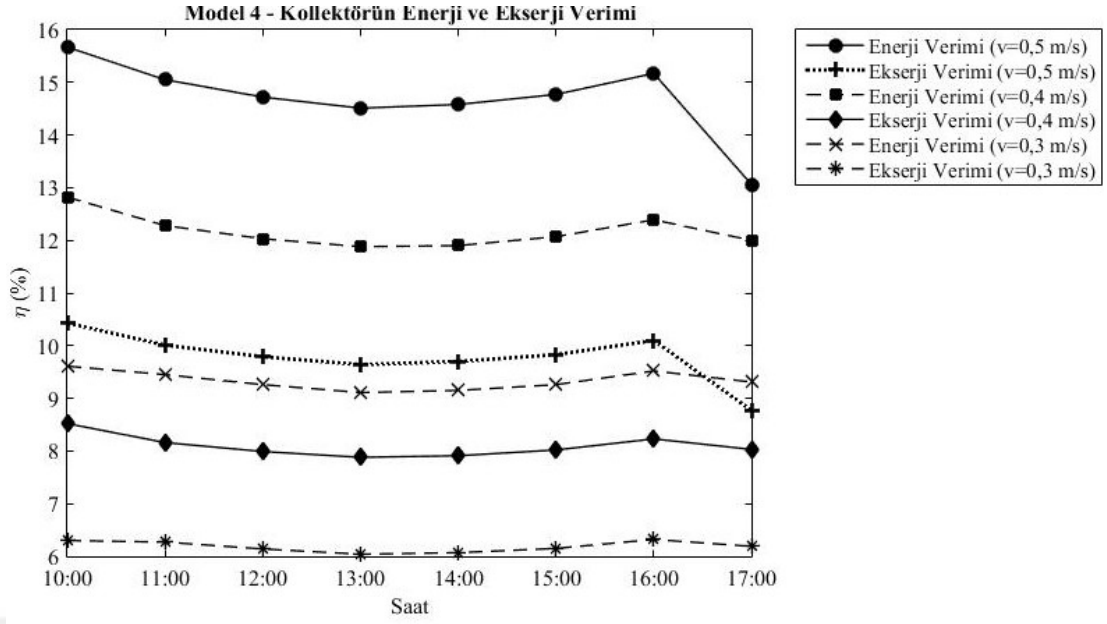
Şekil 4.38. Model 2'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri

Şekil 4.38.'de görüldüğü üzere Model 2'in enerji verimi %8 -%14 arasında, ekserji verimi ise %3- %8 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %13,50 olarak saat 11:00'de, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %8,09 olarak saat 13:00'de hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %8,05 olarak saat 10:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %4,69 olarak saat 14:00'da hesaplanmıştır.



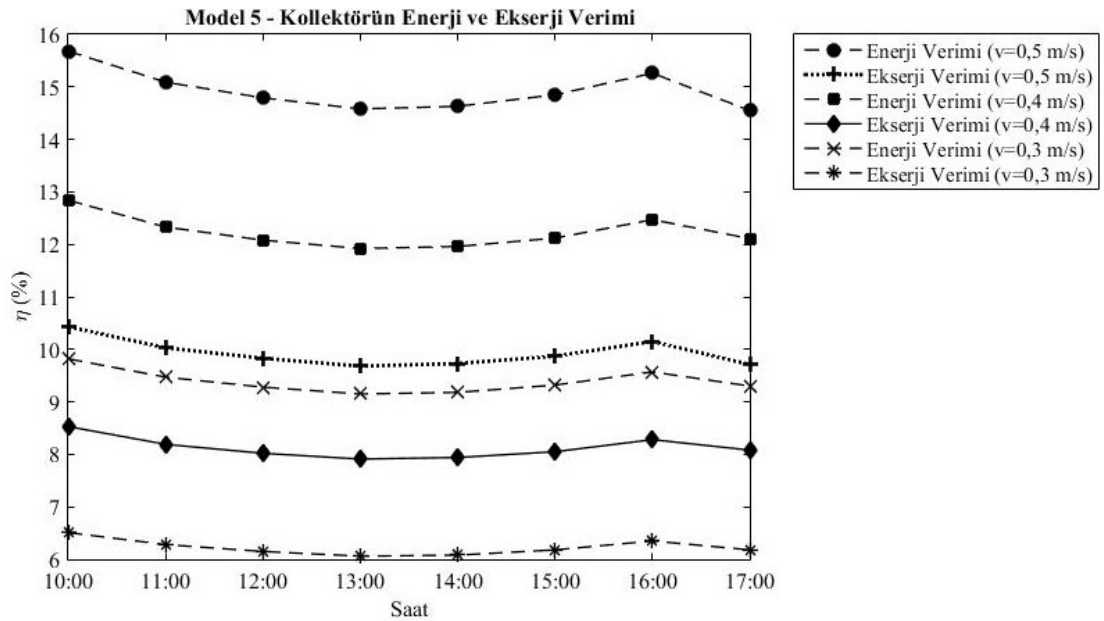
Şekil 4.39. Model 3'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri

Şekil 4.39.'de görüldüğü üzere Model 3'in enerji verimi %7 -%14 arasında, ekserji verimi ise %5- %10 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %13,56 olarak saat 11:00'de, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %7,57 olarak saat 17:00'de hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %9,10 olarak saat 11:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %5,10 olarak saat 17:00'da hesaplanmıştır.



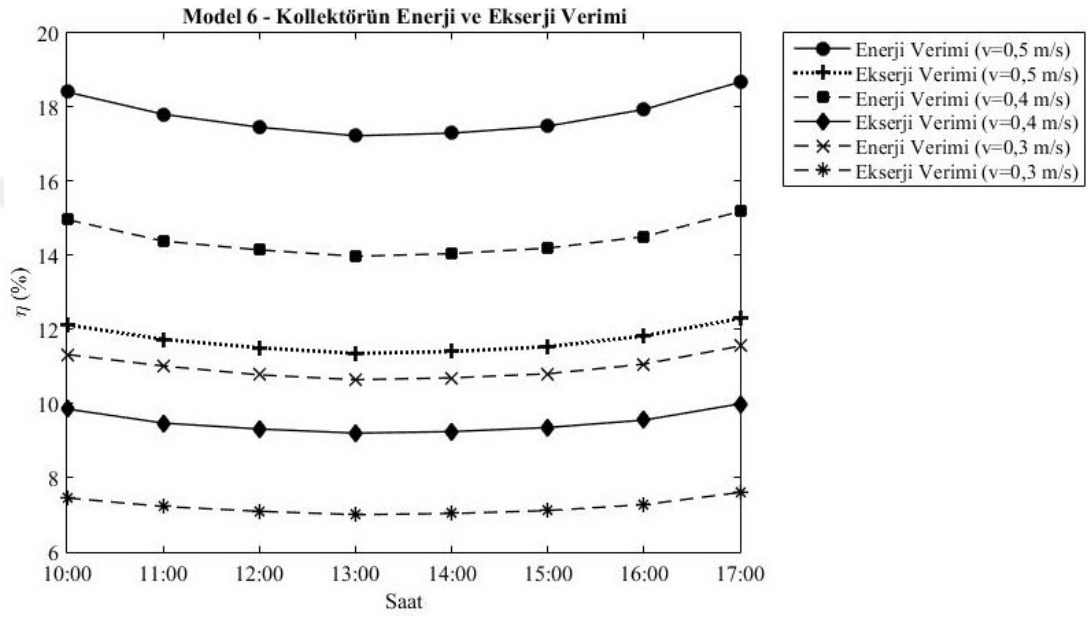
Şekil 4.40. Model 4'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri

Şekil 4.40.'de görüldüğü üzere Model 4'in enerji verimi %9 -%16 arasında, ekserji verimi ise %6- %11 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %15,67 olarak saat 10:00'da, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %9,11 olarak saat 13:00'de hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,43 olarak saat 10:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %6,03 olarak saat 13:00'da hesaplanmıştır.



Şekil 4.41. Model 5'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri

Şekil 4.41.'de görüldüğü üzere Model 5'in enerji verimi %9 -%16 arasında, ekserji verimi ise %6- %11 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %15,68 olarak saat 10:00'da, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %9,14 olarak saat 13:00'de hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,42 olarak saat 10:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %6,15 olarak saat 12:00'da hesaplanmıştır.



Şekil 4.42. Model 6'in Hava Giriş Hızlarına Göre Enerji Ve Ekserji Verimleri

Şekil 4.42.'de görüldüğü üzere Model 6'in enerji verimi %10 -%19 arasında, ekserji verimi ise %7- %13 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %18,68 olarak saat 17:00'de, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %10,64 olarak saat 13:00'de hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %12,29 olarak saat 17:00'de, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %7,01 olarak saat 13:00'da hesaplanmıştır.

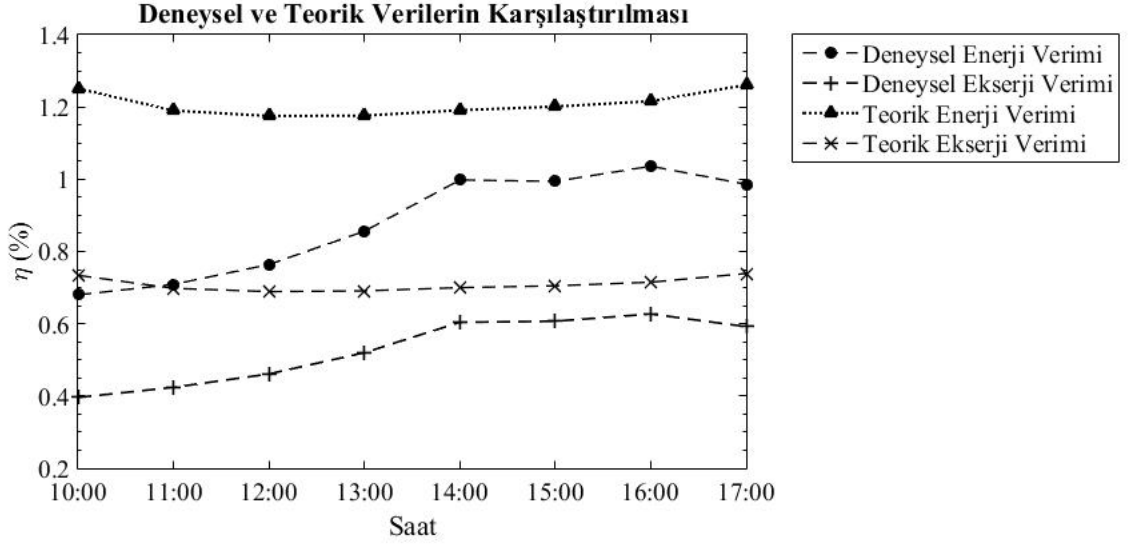
4.3. Deneysel Verilerle Analiz Verilerinin Karşılaştırılması

Deneysel çalışmada kullanılan kollektör, 200 mm yüksekliğinde, 960 mm genişliğinde ve 2250 mm uzunluğunda imal edilmiştir. Kollektör kasası 1mm kalınlığında galvanizli sacdan imal edilmiş olup saydam örtü için, ısıya dayanıklı, temperli cam kullanılmıştır. Kollektör izolasyonunda cam yünü kullanılmıştır. Söz konusu kollektör Şekil 4.43.'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 43. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kollektör

Önceki bölümlerde analiz verileri paylaşılan boş kollektörün, 0,05 m/s hava giriş hızı ile yapılan deneysel sonuçları ile, aynı şartlarda yapılan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Temmuz ayında 0,05 m/s giriş hava hızı ile yapılan deney sonucu elde edilen verilerle, kollektörün enerji verimi ve ekserji verimi hesaplanmış ve 0,05 m/s hava giriş hızıyla Model 1' in analiz sonucundan elde edilen değerlerle karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 4.44. 0,05 m/s Hız İçin Deneysel Ve Teorik Verilerin Karşılaştırılması

Şekil 4.44’ de, Temmuz ayında 0,05 m/s giriş hava hızı ile yapılan deney sonucu elde edilen verilerle aynı şartlar kullanılarak gerçekleştirilen CFD analizinden elde edilen verilerle hesaplanan enerji ve ekserji verimleri karşılaştırması görülmektedir. CFD analizinden elde edilen verilerle hesaplanan teorik enerji ve ekserji verimlerinin, ölçüm yapılan saat aralıklarında önemli ölçüde değişmediği görülmektedir. Deneysel çalışmadan elde edilen verilerle hesaplanan deneysel enerji ve ekserji veriminin ise, ışınım şiddetinin artmasıyla arttığı görülmektedir. Deneysel ve teorik verimler arasındaki fark, ışınım şiddetinin az olduğu saatlerde fazlayken, ışınım şiddetinin fazla olduğu saatlerde azalmıştır.

4.4. Hata Analizi

Doğrudan ölçülen büyüklüklerin, ölçüm yapılan ölçüm aletlerine göre ölçüm belirsizlikleri olabilmektedir. Bu belirsizlikler, hesaplamalarda elde edilen değerleri de etkilemektedir. Ölçümü yapılan büyüklüklerin belirsizlikleri, ölçüm aletlerinin doğruluk oranlarıyla bağlantılıdır. Bu çalışmada kullanılan ölçüm aletleri ve doğruluk oranları Tablo 4.1’de verilmektedir. Hesaplanan değer, ölçülen büyüklüklere göre belirsizliği şu şekilde elde edilmektedir [35];

$$u = (\sum_i u_i^2)^{0,5} \quad (4.1)$$

Bu formülde u , hesaplanan değerin belirsizliğini, u_i ise ölçülen her bir büyüklüğün ayrı ayrı belirsizlik oranını temsil etmektedir [35].

Tablo 4.1. Ölçüm aletleri ve doğruluk oranları

Ölçüm Aleti	Ölçülen Değer	Sembol	Doğruluk	Ölçüm Aralığı
Şerit metre	Kollektör alanı Akışkan giriş alanı	A_k A_i	$\pm 0,0005m$	0 – 5 m
Datalogger	Akışkan sıcaklığı	T_h	$\pm 0,1^\circ C$	$-200^\circ C - 850^\circ C$
Anemometre	Akışkan hızı	V	$\pm 3\%$	0 - 45 m/s
Higrometre	Ortam sıcaklığı	T_∞	$\pm 0,2^\circ C$	$-40 - +150^\circ C$
Termal kamera	Kollektör yüzey sıcaklığı	T_y	$\pm 2\%$ veya $\pm 2^\circ C$	$-20 - 650^\circ C$
Piranometre	Güneş ışınımı	I	$\pm 2\%$	0 – 2000 W/m ²

Bu bölümde, deneysel çalışmada ölçülen büyüklüklere bağlı olarak elde edilen değerlerin hata analizi gerçekleştirilmiştir. Hata analizi sonuçları, Tablo 4.2.'de görülmektedir.

Tablo 4.2. Hesaplanan değerlerin hata analizi sonuçları

Hesaplanan Değer	Ölçülen Büyüklükler	Belirsizliği (%)
Akışkan debisi	T_h, V, A_i	3,002
Akışkana aktarılan ısı	T_h, V, A_i	3,008
Güneşten gelen ısı	A_k, I	2,0
Enerji verimi	T_h, V, A_i, A_k, I	3,612
Özgül ısı Entalpi Entropi	T_h	0,141
Giren ekserji	$V, T_h, T_\infty, T_y, A_k, I$	2,835
Çıkan ekserji	T_h, V, A_i	3,022
Ekserji verimi	$V, T_h, T_\infty, T_y, A_k, I, A_i$	4,144

Yapılan hesaplamalar sonucunda, ölçülen büyüklüklere göre hesaplanan değerlerin hata analizleri elde edilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, kollektör enerji verimi belirsizliği %3,612, kollektör ekserji verimi belirsizliği ise %4,144 olarak elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

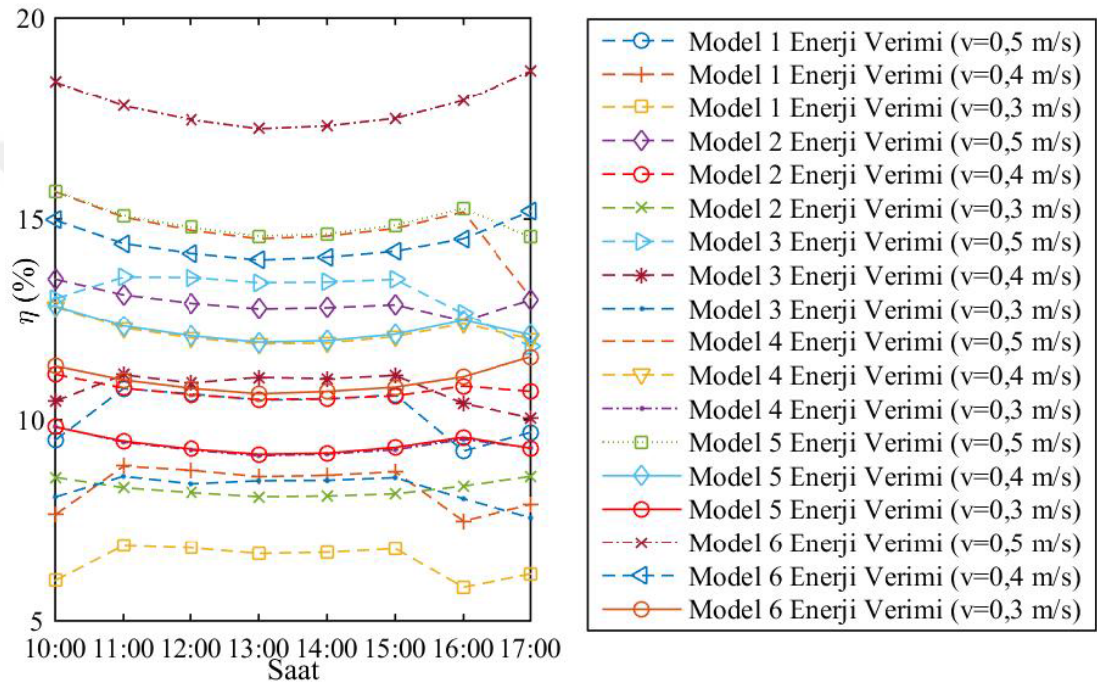
Bu tez çalışmasının amacı doğrultusunda çeşitli engel geometrileri tasarlanmış ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında 6 farklı kollektör tasarımının, 3 farklı hava giriş hızı için analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, kollektör üzerinde sıcaklık dağılımı ve hava akış çizgileri incelenmiş, elde edilen verilerle kollektörlerin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Analizler belirtilen saat aralığında, güneş ışınımı modellemesiyle yapılmıştır. Modellere bakıldığında, engel sayısının artırılmasıyla engellerden dolaşan havaya gerçekleşen ısı transferi artmış ve havanın çıkış sıcaklığı artmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, havalı güneş kollektörünün hava akış bölmesine yerleştirilen engellerin enerji ve ekserji verimi üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Enerji veriminin %25'e kadar, ekserji veriminin %22'ye kadar arttığı gözlemlenmiştir.

Yapılan CFD analizinde Rosseland Radyasyon Modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında gün içerisinde 10:00 ile 17:00 saatleri arasındaki değerler dikkate alınmıştır. Cam kapaktan ortama radyasyon ve konveksiyon karışık sınır koşulu(mixed) kullanılarak modellenmiştir. Sayısal simülasyonlar transient state ve pressure-based solver (basınca bağlı çözücü) ile gerçekleştirilmiştir. Türbülans modellemesi için, Realizable k- ϵ türbülans modeli “standard wall functions” ayarlamasıyla kullanılmıştır. Yapılan tüm simülasyonlarda aracı akışkan olarak hava kullanılmıştır. Çevre hava giriş sıcaklığı 300 K sabit olarak kabul edilmiştir. “Wall” olarak tanımlı bütün elemanlara “no slip condition” uygulanmıştır. Sınır şartları belirlenirken, havanın kollektöre girdiği giriş “velocity inlet”, çıktığı çıkış ise “pressure outlet” olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan CFD analizinde basınç değişimleri ihmal edilmiştir.

Modellenen tüm kollektörlerde, emici yüzey sıcaklığı öğle saatlerine doğru giderek artmakta, öğle saatlerinde en yüksek değerine ulaşarak, akşam saatlerine doğru sıcaklığı azalmaktadır. Kollektörler kendi aralarında karşılaştırıldıklarında, en yüksek emici yüzey sıcaklıkları 6 numaralı kollektör modelinde görülmektedir. Ayrıca, aynı kollektör modelleri, akışkan hızlarına göre karşılaştırıldıklarında, akışkan hızı azaldıkça, emici yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir.

Kollektöre giren havanın hızının artmasıyla, kollektör çıkış sıcaklığı azalmakta fakat verim artmaktadır. Bunun sebebi olarak, yüksek hızlarda giren havanın dolaşım sırasında daha fazla hava boşluğu oluşturması, ama aynı zamanda çıkış hızına bağlı olan debinin yüksek olması görülmüştür.

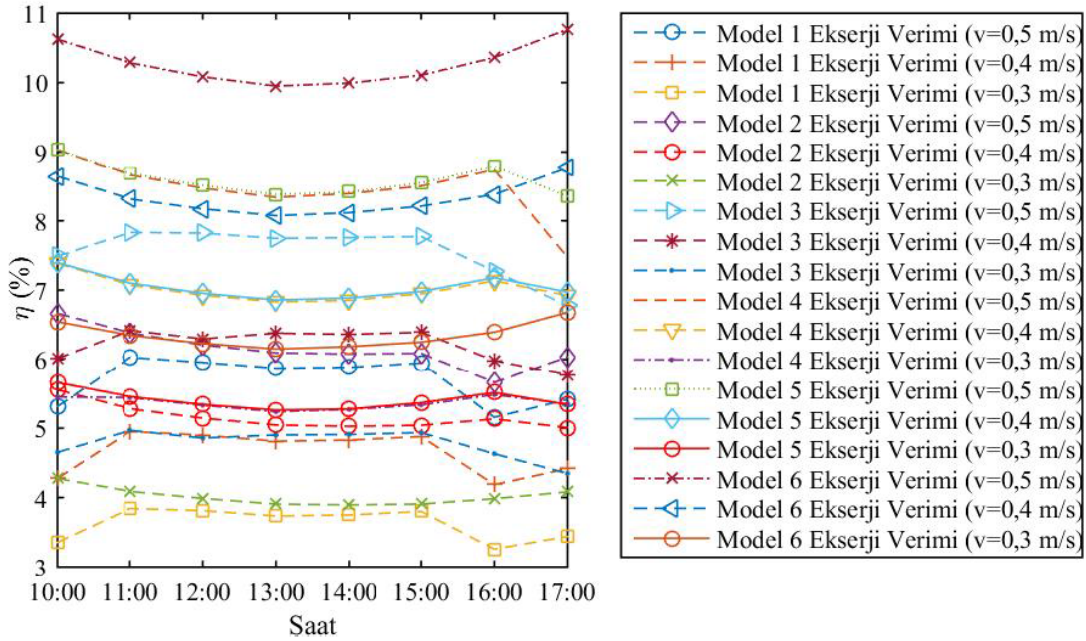
Güneş kollektörlerinin tasarım iyileştirmeleri için minimum ekserji değerlerine odaklanması tavsiye edilir. Ekserji analizi, enerji analizinden farklı olarak verimsizliklerin yerleri hakkında bilgi sağlar.



Şekil 5.1. Modellerin enerji verimlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.1.' de, analizi yapılan tüm kollektör modellerinin ve hava giriş hızlarının enerji verimleri karşılaştırması görülmektedir. Şekilden görüleceği üzere, hava giriş hızı azaldıkça, güneş kollektörünün enerji verimi de azalmaktadır. Analizleri yapılan kollektörler arasında, en yüksek enerji verimine sahip olan kollektör 6 numaralı model olup, 0,5 m/s hava giriş hızında en yüksek enerji verimi değeri elde edilmiştir. 1 numaralı model kollektörün ise enerji verimi, diğer modellere kıyasla en düşük değere sahip olup, 0,3 m/s hava giriş hızında en düşük enerji verimi değeri elde edilmiştir. Kollektör üzerine yerleştirilen engel geometrilerinin, kollektör enerji verimi üzerinde önemli etkisi olduğu görülmektedir. 6 numaralı model kollektörün, 0,5 m/s hava giriş hızında enerji verimi %19 seviyelerine kadar yükselmektedir. 1 numaralı model

kollektörün enerji verimi ise, 0,3 m/s hava giriş hızında enerji verimi yaklaşık %6 seviyelerine kadar düşmektedir.



Şekil 5.2. Modellerin ekserji verimlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.2.' de, analizi yapılan tüm kollektör modellerinin ve hava giriş hızlarının ekserji verimleri karşılaştırması görülmektedir. Şekilden görüleceği üzere, hava giriş hızı azaldıkça, güneş kollektörünün ekserji verimi de azalmaktadır. Analizleri yapılan kollektörler arasında, en yüksek ekserji verimine sahip olan kollektör 6 numaralı model olup, 0,5 m/s hava giriş hızında en yüksek ekserji verimi değeri elde edilmiştir. 1 numaralı model kollektörün ise ekserji verimi, diğer modellere kıyasla en düşük değere sahip olup, 0,3 m/s hava giriş hızında en düşük ekserji verimi değeri elde edilmiştir. Kollektör üzerine yerleştirilen engel geometrilerinin, kollektör enerji verimi üzerinde olduğu gibi, kollektör ekserji verimi üzerinde de önemli etkisi olduğu görülmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında;

- Model 1'in enerji verimi %5 -%11 arasında, ekserji verimi ise %3- %8 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,77 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %5,84 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %7,19 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %3,92 olarak hesaplanmıştır.

- Model 2'in enerji verimi %8 -%14 arasında, ekserji verimi ise %3- %8 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %13,50 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %8,09 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %8,05 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %4,69 olarak hesaplanmıştır.
- Model 3'in enerji verimi %7 -%14 arasında, ekserji verimi ise %5- %10 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %13,56 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %7,57 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %9,10 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %5,10 olarak hesaplanmıştır.
- Model 4'in enerji verimi %9 -%16 arasında, ekserji verimi ise %6- %11 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %15,67 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %9,11 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,43 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %6,03 olarak hesaplanmıştır.
- Model 5'in enerji verimi %9 -%16 arasında, ekserji verimi ise %6- %11 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %15,68 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %9,14 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %10,42 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %6,15 olarak hesaplanmıştır.
- Model 6'in enerji verimi %10 -%19 arasında, ekserji verimi ise %7- %13 arasında değişmektedir. En yüksek enerji verimi, 0,5 m/s hız ile %18,68 olarak, en düşük enerji verimi ise 0,3 m/s hız ile %10,64 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ekserji verimi, 0,5 m/s hız ile %12,29 olarak, en düşük ekserji verimi ise 0,3 m/s hız ile %7,01 olarak hesaplanmıştır.

Deneysel çalışmada elde edilen sonuçların doğruluğunun belirlenmesi amacıyla hata analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ölçüm yapılan deney aletlerinin doğruluk değerleri kullanılarak, deneysel sonuçlarda elde edilen değerler ve bu değerlerden elde edilen hesaplamaların belirsizlikleri belirlenmiştir. Kollektör enerji verimi belirsizliği %3,612, kollektör ekserji verimi belirsizliği ise %4,144 olarak elde edilmiştir.

Tablo 5.1. Deneysel ve Teorik verilerin karşılaştırılması

Saat	Deneysel		Simülasyon	
	Tgiriş	Tçıkış	Tgiriş	Tçıkış
10:00	301,15	338,15	300	365,422
11:00	303,15	343,15	300	365,676
12:00	304,15	348,15	300	366,464
13:00	305,15	355,15	300	367,063
14:00	305,15	363,15	300	367,167
15:00	306,15	363,15	300	366,584
16:00	305,15	363,15	300	365,697
17:00	304,15	357,15	300	365,435

Teorik ve deneysel çalışma karşılaştırılarak elde edilen hata analizine bakıldığında, deneysel çalışmalarda kollektör yapısına geometrik yapıların eklenmesi veya değiştirilmesi ile enerji ve ekserji veriminin artırılabilceği görülmüştür. Tablo 5.1.'de yapılan karşılaştırma sonucu elde edilen kollektör çıkış sıcaklıkları gösterilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sıcaklık ortalama değerlerine, ölçüm cihazlarının hata analizi sonuçları göz önüne alındığında, teorik çalışmalardan elde edilen sıcaklık ortalama değerlerinin 366 K sıcaklığında ve çok yakın değerler olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, havalı güneş kollektörlerinde engellerin kullanılması ve engellerin sayısının artması enerji ve ekserji verimini artırmaktadır. Benzer şekilde hava hızlarının artmasında doğrusal olarak verim değerlerini pozitif yönde artırmaktadır. Kollektörlerde verim artışının sağlanması için kullanılan pürüzlü yüzeylerin CFD analizleri ile deneysel çalışma sonucu analizleri oldukça yakın değerler sağlamaktadır. Kollektör yüzey pürüzlülüğü verimi artırdığı belirlenmiştir. Farklı geometri ve açılara sahip engeller ile çalışılması verimi daha da artırabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Zima, W., Dziewa, P. Modelling of liquid flat-plate solar collector operation in transient states. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 2011, 225, 53–62.
- [2] Cengiz, M.S., Mami, M.S. Price-Efficiency Relationship for Photovoltaic Systems on a Global Basis. International Journal of Photoenergy. Volume 2015, Article ID 256101, pp.1-12.
- [3] Yeh, H.M., Ho, C.D., Lin, C.Y. Effect of collector aspect ratio on the collector efficiency of upward type baffled solar air heaters. Energy Conversion & Management. 2000, 41, 971-981.
- [4] Hu, J., Sun, X., Xu, J., Li, Z. Numerical analysis of mechanical ventilation solar air collector with internal baffles. Energy and Buildings. 2013, 62, 230–238.
- [5] Hu, J., Liu, K., Guo, M., Zhang, G., Chu, Z., Wang, M. Performance improvement of baffle-type solar air collector based on first chamber narrowing. Renewable Energy. 2019, 135, 701–710.
- [6] Sabzpooshani, M., Mohammadi, K., Khorasanizadeh, H. Exergetic performance evaluation of a single pass baffled solar air heater. 2014, Energy 64, 697–706.
- [7] Colangelo, G., Favale, E., Miglietta, P., Risi A. Innovation in flat solar thermal collectors: A review of the last ten years experimental results. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016, 57, 1141–1159.
- [8] Karmare, S.V., Tikekar, A.N. Experimental Investigation of Optimum Thermohydraulic Performance Of Solar Air Heaters With Metal Rib Grits Roughness. Solar Energy. 2009, 98, 6-13.
- [9] Yurduseven, S., Aydin, A., Engin, T. Farklı Basınçlar Altında Solvent Vakumlu Buharlı Kurutma Fırını Tasarımı ve Akış Analiz. Tesisat Mühendisliği. 2016, 153, 45-54.
- [10] Dissa A.O., Ouoba S., Bathiebo D., Koulidiati J. A Study of a Solar Air Collector with A Mixed “Porous” And “Non-Porous” Composite Absorber. Solar Energy. 2016, 129, 156–174.
- [11] Daliran, A., Ajabshirchi, Y. Theoretical and experimental research on effect of fins attachment on operating parameters and thermal efficiency of solar air collector. Information Processing in Agriculture. 2015, 5, 411–421.
- [12] Heydari, A., Mesgarpour, M. Experimental analysis and numerical modeling of solar air heater with helical flow path. Solar Energy. 2018, 162, 278–288.
- [13] Salih, M. M. M., Alomar, O. R., Ali, F. A., Abd, H. M. An experimental investigation of a double pass solar air heater performance: A comparison between natural and forced air circulation processes. Solar Energy. 2019, 193, 184–194.
- [14] Promvong, P. Heat transfer and pressure drop in a channel with multiple 60° V-baffles. International Communications in Heat and Mass Transfer. 2010, 37, 835–840.
- [15] Lingayat, A. B., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., Meda, V. A review on indirect type solar dryers for agricultural crops – Dryer setup, its performance, energy storage and important highlights. Applied Energy. 2020, 258.
- [16] Luo, L., Wei, M. & Fan, Y. Design and optimization of baffled fluid distributor for realizing target flow distribution in a tubular solar receiver. International Heat Transfer Conference. Ağustos 2018, 7937–7944.
- [17] Kabeel, A. E., Hamed, M. H., Omara, Z. M., Kandel, A. W. On the performance of a baffled glazed-bladed entrance solar air heater. Applied Thermal Engineering. 2018, 139, 367–375.

- [18] Bahrehmand, D., Ameri, M., Gholampour, M. Energy and exergy analysis of different solar air collector systems with forced convection. *Renewable Energy*. 2015, 83, 1119–1130.
- [19] Suman, S., Khan, M. K., Pathak, M. Performance enhancement of solar collectors - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, 49, 192–210.
- [20] Kumar, R., Kumar, A., Chauhan, R., Sethi, M. Heat transfer enhancement in solar air channel with broken multiple V-type baffle. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2016, 8, 187–197.
- [21] Fiuk, J. J., & Dutkowski, K. (2019). Experimental investigations on thermal efficiency of a prototype passive solar air collector with wavelike baffles. *Solar Energy*, 188, 495–506. doi: 10.1016/j.solener.2019.06.030
- [22] Abhay, L., Chandramohan, V., Raju, V. Numerical analysis on solar air collector provided with artificial square shaped roughness for indirect type solar dryer. *Journal of Cleaner Production*. 2018, 190, 353–367
- [23] Hu, J., Zhang, G. Performance improvement of solar air collector based on airflow reorganization: A review. *Applied Thermal Engineering*. 2019, 155, 592–611.
- [24] Sharma, D., Mistry, A., Mistry, H., Chaudhuri, P., Murugan, P.V., Patnaik, S., Sangharyat, A., Jain, V., Chaturvedi, S., Nema, S.K. Thermal performance analysis and experimental validation of primary chamber of plasma pyrolysis system during preheating stage using CFD analysis in ANSYS CFX. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100525>.
- [25] Bangga, G., Dessoky, A., Wu, Z., Rogowski, K., Hansen, M. Accuracy and consistency of CFD and engineering models for simulating vertical axis wind turbine loads. *Energy*. 2020, DOI: doi.org/10.1016/j.energy.2020.118087.
- [26] Shafieian, A., Khiadani, M. & Nosrati, A. Theoretical modelling approaches of heat pipe solar collectors in solar systems: A comprehensive review. *Solar Energy*. 2019, 193, 227–243.
- [27] Tu, J., Yeoh, G., Liu, C. *Computational Fluid Dynamics (Third Edition)*. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2018, 498s.
- [28] Fatchurrohman, N., Chia, S.T. Performance of hybrid nano-micro reinforced mg metal matrix composites brake calliper: Simulation approach, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 257, 2017.
- [29] Ali, B. H., Gilani, S. I., Al-Kayiem, H. H. A three dimensional performance analysis of a developed evacuated tube collector using a CFD fluent solar load model. *MATEC Web of Conferences*, 3–7 Haziran, 2014.
- [30] *Ansys Fluent Theory Guide*. ANSYS, Inc. 2013.
- [31] Bellos, E., Tzivanidis, C. Investigation of a star flow insert in a parabolic trough solar collector. *Applied Energy*. 2018, 224, 86–102.
- [32] Bensaci, C., Moumami, A., Labed, A. Experimental Investigation on Heat Transfer Coefficient and Thermal Efficiency of Solar Air Heaters Having Different Baffle. *Environmentally-Benign Energy Solutions*. 2020, 309-321.
- [33] Çengel, Y.A., Boles, M.A. *Thermodynamics: An Engineering Approach (Mechanical Engineering)* 8th Edition. McGraw-Hill Education, New York, USA, 2014, 1024s.
- [34] Bayrak, F., Oztop, H. F., Hepbasli, A. Energy and exergy analyses of porous baffles inserted solar air heaters for building applications. *Energy and Buildings*. 2013, 57, 338–345.
- [35]] Deng, J., Yang, X., Yang, M., & Wang, Z.). Experimental Study of a Single-pass Flat Plate Solar air Collector with Severe Dust Deposition on the Transparent Glass Cover. *Energy Procedia*. 2015,70, 32-40.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burcu GÜLMEZ
Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1994
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : burcugulmez@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Bornova Cem Bakioğlu Anadolu Lisesi, 2012
Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2017
Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, devam ediyor

Mesleki Deneyim

Kurum bilgisi İnci GS Yuasa 2015-2016

Yayımları

[1] Aksoy, A.B., Gülmez, B. Emisyon Çıkış Parametrelerinin Atık Gazlarla Yok Olan Ekserji Üzerine Etkisi. 4. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu. 18-20 Nisan, 2018, Edirne (Tam Metin Bildiri Kitapçığı, Cilt III, 1775-1784s.)

[2] Aksoy, A.B., Gülmez, B. Design and Experimental Analysis of Heat Storage Air Collectors. 1 stInternational Conference on Advances in Mechanical Engineering and Mechatronics Engineering, 8-9 Kasım, 2018, Ankara (Tam Bildiri Kitapçığı 315-321s.)